
Måling av mulig ustabilt fjellparti på Børa, Møre og Romsdal, ved hjelp av fotogrammetri og GPS

Siri Lajord



VITENSKAPELIG OPPGAVE PRESENTERT FOR GRADEN
CANDIDATA SCIENTIARUM

Institutt for geofag
Avdeling for naturgeografi (geomatikk)
Universitetet i Oslo
April 2005

Forord

Denne hovedoppgaven er en del av cand. scient graden i geografi, studieretning geomatikk, ved Institutt for geofag, Universitet i Oslo. Oppgaven ble gitt av Trond Eiken som også har vært min veileder. Ketil Isaksen har vært min eksterne veileder.

Lars Harald Blikra og Einar Dalsegg fra NGU har vært involvert i prosjektet. Lars Harald har blant annet tålmodig sendt oss flybilder av Børa. Einar utførte geoelektrikken i felt, august 2004, og har etter dette tålmodig hjulpet til tider særs frustrerte geoelektrikkstudiner. All jobb med å komme frem til resultatene i denne oppgaven er gjort i samarbeid med Elizabeth Kerr. Resultatene i våre to oppgaver er derfor like. Oppgavene har vi skrevet hver for oss. Takk til Anne Innes som har hjulpet meg med korrekturlesning av oppgaven.

Trond: Du har vært en fantastisk veileder. Tålmodig har du hjulpet Elizabeth og meg gjennom felt, frustrerte timer på DFA-labben, og deperesjonsperiodene under oppgaveskrivingen. Takk for positive og gode tilbakemeldinger av oppgaven underveis.

Ketil: Du har vært en inspirasjon og en humørspreder gjennom hele hovedfaget. Da det øste ned på tredje dagen i felt, og de fleste var rimelig lei av å bære elektroder, var det bare smil og positive ord fra deg. Takk også for all hjelp med gjennomlesning og kommentarer til oppgaven.

Elizabeth: Uten deg hadde det ikke blitt hovedfag på meg! Takk for alle meningsfulle (og ikke like meningsfulle) diskusjoner, all hjelp og ikke minst for godt humør og mye latter. Det spørs om jeg hadde overlevd feltturene uten deg.

Pål: Du tvilte aldri på at det jeg skulle fullføre hovedfaget. Det har vært veldig godt å vite at det hvertfall alltid har vært en av oss som hele tiden har hatt trua på dette skulle gå bra. Takk for all inspirasjon, og ikke minst all hjelp med gjennomlesning og retting av oppgaven, og for verdifulle kommentarer.

Medstudenter og Biørneblæs: Takk for at dere har gjort min tid på Blindern tusen ganger mer interessant og festlig enn den ville vært uten dere. Det er godt å kunne tenke tilbake på lunsjpause-diskusjoner og artige biørneblæssprell.

Universitetet i Oslo, 25. april 2005

Siri Lajord

Innhold

1 Innledning	1
1.1 Problemstilling	2
1.2 Feltarbeid	3
1.3 Områdebeskrivelse	4
1.3.1 Lokalisering	4
1.3.2 Geologi	5
1.3.3 Klima	9
2 Teori	11
2.1 Fotogrammetri	11
2.1.1 Orientering	11
2.1.2 Nøyaktighet, scanning og oppløsning	12
2.2 Digitale terrengmodeller	12
2.2.1 Digital matching	13
2.2.2 Prinsippet om best korrelasjon	13
2.2.3 Arealbasert og objektbasert matching	14
2.2.4 Nøyaktighet i digitale terrengmodeller	15
2.3 Ortofoto	16
2.3.1 Geometrisk nøyaktighet	17
2.4 GPS	20
2.4.1 Segmentene	20
2.4.2 Signalene	21
2.4.3 Punktbestemmelse	22
2.4.4 Nøyaktighet	26
2.5 Geoelektrikk	30
2.5.1 Resistivitet	30
2.5.2 Nøyaktighet	33
3 Metode	35
3.1 Digital fotogrammetri	35
3.1.1 Orientering	35
3.1.2 Terrengmodell	36
3.1.3 Match-T	37
3.1.4 CIAS	38
3.2 GPS	42
3.2.1 Relativ statisk GPS	42
3.2.2 Vegvesenets målinger	44
3.2.3 Målinger i 2003 og 2004	44

3.2.4	Sammenligning av vektorer og koordinater	48
3.2.5	Grunnlagstest og AvVektor	50
3.2.6	Nivellement	51
3.3	Geoelektrikk	53
3.3.1	2D geoelektrikk	53
3.3.2	Wenner-konfigurasjon	54
3.3.3	Målingene på Børa	55
4	Resultater og diskusjon	59
4.1	Fotogrammetri	59
4.1.1	Resultatene	59
4.1.2	Diskusjon av fotogrammetriresultatene	59
4.2	GPS	65
4.2.1	Sammenligning av koordinater og vektorer	65
4.2.2	Diskusjon av GPS-resultatene	73
4.2.3	AvVektor	77
4.2.4	Grunnlagstest	77
4.2.5	Nivellement	80
4.2.6	Diskusjon rundt AvVektor, grunnlagstest og nivellement	81
4.3	Geoelektrikk	83
4.3.1	Profilene	83
4.3.2	Analyse og diskusjon av geoelektrikk-resultatene	84
5	Konklusjon	89
6	Vedlegg	95
A	Orienteringsparametre	96
B	Bildeplott	98
C	Flybilder	100
D	Resultatvektorer fra Pinnacle	102
E	Utjevnings-dokfiler	104
F	Grunnlagstest-dokfiler	118
G	Nivellementsdataene	132

1 Innledning

Store fjellskred har ført til noen av de verste naturkatastrofene vi kjenner til i Norge. På nordlige deler av Vestlandet viser historisk dokumentasjon at det har vært 2-3 store katastrofer knyttet til store fjellskred og flodbølger hvert 100 år (Blikra[6]). De mest kjente katastrofene skjedde i Loen i 1905 og 1936, og Tafjord i 1934. Katastrofale flodbølger er knyttet til disse skredene og totalt mistet 175 mennesker livet. Det største historiske fjellskredet i Norge er Tjelleskredet i Langfjorden i Romsdal. I mars 1756 raste ca 40 millioner tonn av fjellet ut i fjorden, og dette førte til over 50 meter høye flodbølger. 32 mennesker mistet livet. Geologisk kartlegging viser at store fjellskred har gått i de fleste deler av landet, men aller hyppigst har slike skred vært i de bratteste fjellområdene på Vestlandet og i Nord-Norge. Store skred har en svært stor rekkevidde, og kan gå tvers over daler og opp i motsatt dalside. De vil derfor representere en stor trussel for bosetting og annen infrastruktur (Blikra[6]). Det viser seg at store fjellskred opptrer i konsentrasjoner, og risiko for slike skred vil være lokalisert i regioner hvor det tidligere har vært mange store fjellskred. I slike områder er det også registrert flere potensielt ustabile fjellpartier. Dette kan være store åpne sprekker eller større fjellblokker som glir på svake lag i berggrunnen. Enkelte steder er slike sprekker og deformasjoner av fjellet svært store, og kan strekke seg over flere kilometer i lengde og flere hundre meter i bredde (Blikra[6]).

Hovedgrunnen til utløsning av store fjellskred er hovedsakelig bratte fjellsider og svakhetssoner i bergartene. Likevel er det vanskelig å fastslå den utløsende årsaken. Oppbygging av store vanntrykk i sprekkesystemer i fjellet er regnet for å være en av de viktigste årsakene til store fjellkollaps. I enkelte områder er det også store bergrykk som kan være viktig for utløsning av fjellskred. Smelting av permafrost kan også ha betydning i enkelte områder. Spesielt kan smelting av permafrost like etter siste istid ha vært en viktig utløsningsårsak. I tillegg er også jordskjelv en sannsynlig utløsningsfaktor (Blikra[6], Braathen m.fl.[7]).

I Norge er forskningen på store fjellskred og geohazards i stor grad knyttet opp mot the International Centre for Geohazards (ICG). Forskningen inkluderer risikoanalyse av skred i leire og fjell, forårsaket av store regnfall, oversvømmelser, jordskjelv og menneskelig innblanding. I tillegg forskes det på geologiske risikoanalyser av undervannsskred. ICG har flere forskjellige prosjekter, og studien presentert her inngår i "Prosjekt 4: Rock slope failures, Models and Risks", ledet i Norge av Lars Harald Blikra fra Norges Geologiske Undersøkelser (NGU). Prosjektets tema er: evaluering av fjellsidestabiliteter, testing i laboratorium, instrumentering og feltmålinger samt risikoanalyser.



Figur 1: Bildet viser den største åpne sprekken på Børaplataet. Trond Eiken og Ketil Isaksen utgjør målestokk øverst til høyre i bildet. Foto: Siri Lajord

1.1 Problemstilling

Feltområde for denne studien er fjellplataet Børa som rager ca 1000 meter over Romsdalen (Møre og Romsdal). Plataet splittes av et svært sprekkesystem, og er således med i kategorien for potensielt ustabilt fjellparti. Einar Anda, fylkesgeolog i Møre og Romsdal, beskriver i “Prosjekt: Utgliding Børa, GPS-måling”[22] plataet slik:

“En tre km lang, 100 m høy og 200 m brei del av fjellsida over Romsdalen har glidd ut 10-20 m (...). Det har gått flere store, forhistoriske skred fra denne fjellsida. Det har også gått to, forholdsvis store skred i historisk tid (1902 og 1949).”

Lars Harald Blikra[6], forsker ved NGU, beskriver Børa slik:

“Fjellplataet er sterkt oppsprukket i over 2 km lengde og 200 m bredde. Enkelte sprekker er svært dype og brede og viser at fjellet har hatt kraftig bevegelse.”

Blikra[6] skriver videre om ustabile fjellsider:

“Det er klart et stort behov for en systematisk kartlegging av potensielle ustabile fjellparti i Norge. Videre må det utvikles gode metoder for overvåkning av mulige bevegelse i slike områder, noe som vil være avgjørende for gode varslings-, evakuerings- og beredskapsrutiner.”

Oppdagelsen av flere mulige ustabile fjellsider førte til et behov for å finne ut om det er bevegelse i de aktuelle fjellpartiene. Dette krever svært presise måleteknikker. Områdene i Norge som inngår i ICGs prosjekt 4 er blant andre Oterøya utenfor Molde, fjellet Åkerneset i Stranda kommune, Nordnesfjellet i Lyngsalpene (Troms), og Børa (Møre og Romsdal). Trond Eiken, senioringeniør ved Universitetet i Oslo, fikk oppdraget med å utføre målingene i disse områdene. Dette resulterte i denne studien, som tar for seg måleteknikkene for måling av mulig bevegelse på fjellplatået Børa. Studien har to mål:

- *Forsøke å oppdage mulige bevegelser på Børa.*
- *Evaluerer metodene brukt til dette.*

Det ble bestemt at fotogrammetri og GPS skulle brukes til dette, og at nivellement og geoelektrikk skulle brukes for å henholdsvis understøtte målinger og for å få et innblikk i fjellets struktur nedover i bakken.

1.2 Feltarbeid

Det ble gjennomført feltarbeid på Børa tre ganger: juni 2003, august 2003 og august 2004.

Juni 2003

Dette ble mest en rekognoseringstur. Trond Eiken, Elizabeth Kerr og jeg gikk inn til platået. Det viste seg at platået for det meste var dekket av snø, slik at vi ikke kunne se de største sprekkene. Det var snøfritt på kanten, og vi fikk nivellert over to strekninger.

August 2003

Einar Dalsegg og Jan Fredrik Tønnesen fra NGU, Ketil Isaksen fra Meteorologisk institutt, samt Trond Eiken, Elizabeth Kerr og jeg ble fløyet inn på platået med helikopter. Det ble utført GPS-målinger, geoelektrikk og seismikk, samt nivellert.

August 2004

Ketil Isaksen, Trond Eiken, Elizabeth Kerr og jeg ble fløyet inn med helikopter. Det ble utført GPS-målinger og nivellement.

1.3 Områdebeskrivelse



Figur 2: Bildet viser utsikt over Børaplataet, tatt fra Breitind. Sprekkene ligger ut mot kanten, omtrent midt i bildet. Foto: Ketil Isaksen.

1.3.1 Lokalisering

Fjellplataet Børa ligger i Møre og Romsdal fylke, 1000 m over Romsdalen. Selve plataet er ca 2,5 km langt og omtrent 1 km bredt. Børa ligger ca en mil sør for Åndalsnes, og noen få km sør for Trollveggen. For å komme inn til plataet er det lettest å gå fra parkeringsplassen på toppen av Trollstigen, og innover Alnesdalen, se kart figur 3. Det store sprekkesystemet strekker seg ut av plataet, og videre oppover mot Mannen.

Figur 4 viser det kvartærgeologiske kartet over området med og rundt Børa. Kartet viser at Børa er mer eller mindre fullstendig dekket av morenemateriale. Det forekommer israndavsetninger, og den bratte kanten ned mot Romsdalen inneholder mange raskjegler. Av andre interessante momenter kan det nevnes at det i Alnesdalen er tegnet inn en steinbre.

I følge Leif Sørbel, førsteamanuensis ved Universitetet i Oslo (muntlig samtale), er området rundt Børa sterkt preget av glasiale former. Romsdalen er en glasial dal,

mens de flate områdene oppover fjellsidene trolig er en del av den gamle paleiske overflata. Trolltindene, i forbindelse med Trollveggen, er sannsynligvis ikke berørt av innlandsisen, da de har en særpreget alpin topografi. Plataået ligger rundt det tidligere vannskillet, og i områdene i nærheten er det tydelige mothakedaler.

Børaplataået ble forholdsvis tidlig isfritt, og morenene tilsvarer antakelig yngre Dryas. Sprekkesonene kan tyde på trykkavlastning etter breen forsvant. Det tidligere vannskillet kan tyde på at det var rimelig flatt rundt Børaplataået, og at det ikke eksisterte noen dal før innlandsisen kom. Former rundt plataået, for eksempel steinbreen i Alnesdalen, viser at det er eller har vært permafrost i området i isfri tid.

1.3.2 Geologi

Plataået slutter i en kant med nord-øst-fallretning ned mot Romsdalen. Denne kanten har en gjennomsnittlig gradient på 37° , men mot toppen øker gradienten til 42° (Braathen m.fl.[7]).

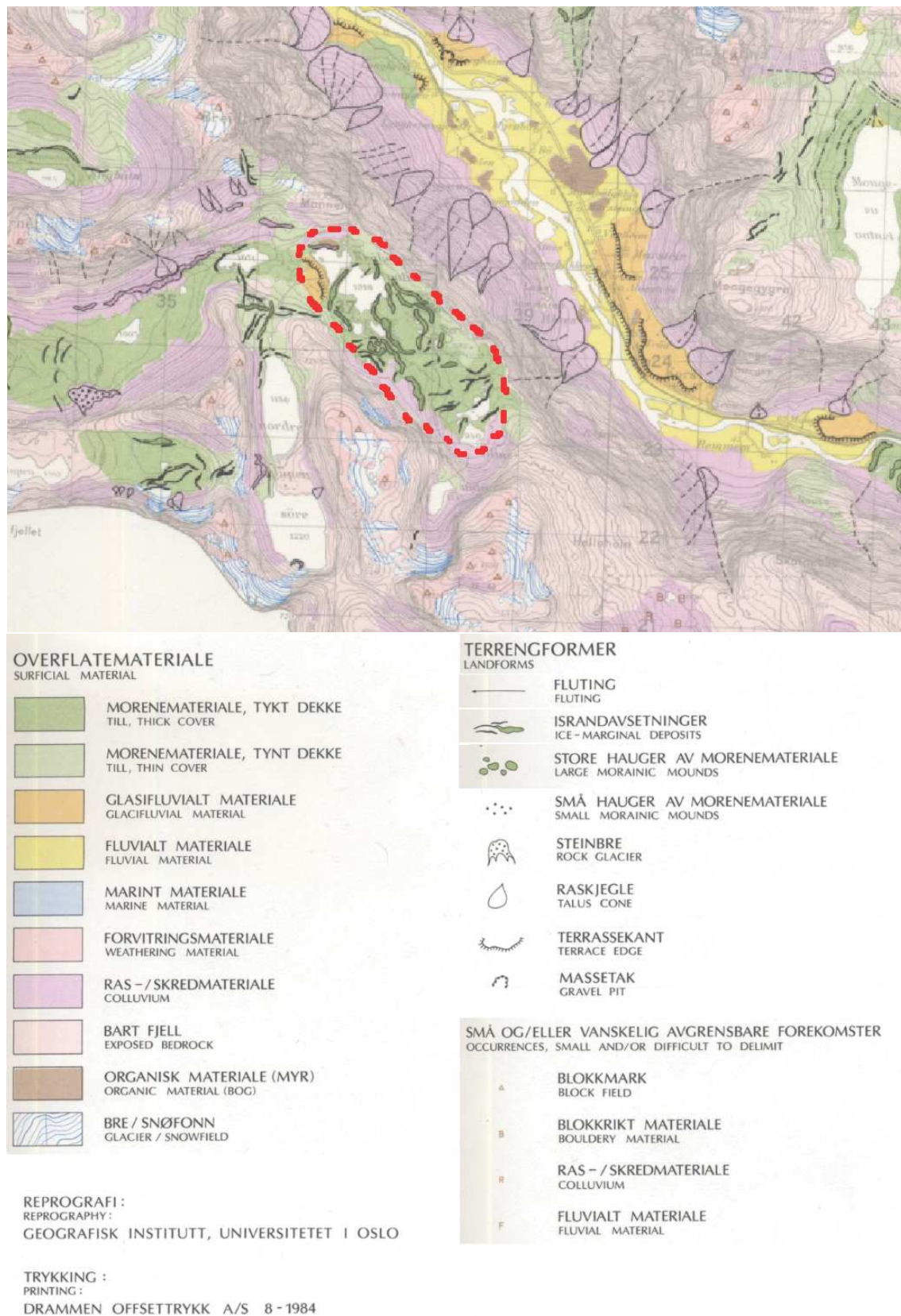
Børa består hovedsaklig av prekambriske bergarter; migmatittisk kvarts-feltspatgneis. I hovedsak stryker gneisfoliasjonen øst-vest og er subvertikal, men i nordenden av plataået er det enkelte variasjoner på grunn av folding. Store områder av plataået er dekket av kvartært materiale som har blitt avskåret av de store sprekkene. Sprekkene er store og dype, og går nesten parallelt med kanten mot dalen. Sprekkene er i hovedsak subvertikale, men ut mot kanten faller de bratt inn mot plataået. Antallet sprekker øker ut mot kanten. For det meste har separasjonen av bruddveggene ført til fullstendig loddrette og horisontale vegger. Den største åpne sprekken på Børa (bilde i figur 1) ligger ca 200 meter fra kanten. Den er definert av to nær vertikale vegger med horisontal lengde på ca 500 meter. Sprekkens bredde varierer, men på det største er den nærmere 50 meter vid. På grunn av usikkerhet vedrørende sprekkens dybde er volumet som kan gli ut omtrentlig estimert til å være mellom 50 og 200 millioner m^3 (Braathen m.fl.[7]).

Figur 5 viser de forskjellige ras-scenariene vi har i Norge. Børa inngår i kategorien “Complex field” (Braathen m.fl.[7]). “Rock-slide” forekommer i moderat bratt terreng med helning mindre enn 45° , mens “Rock-fall” forekommer i svært bratt terreng med helning større enn $60-75^\circ$. Komplekse bevegelser inneholder både slide, blokkrotasjon og direkte fall.

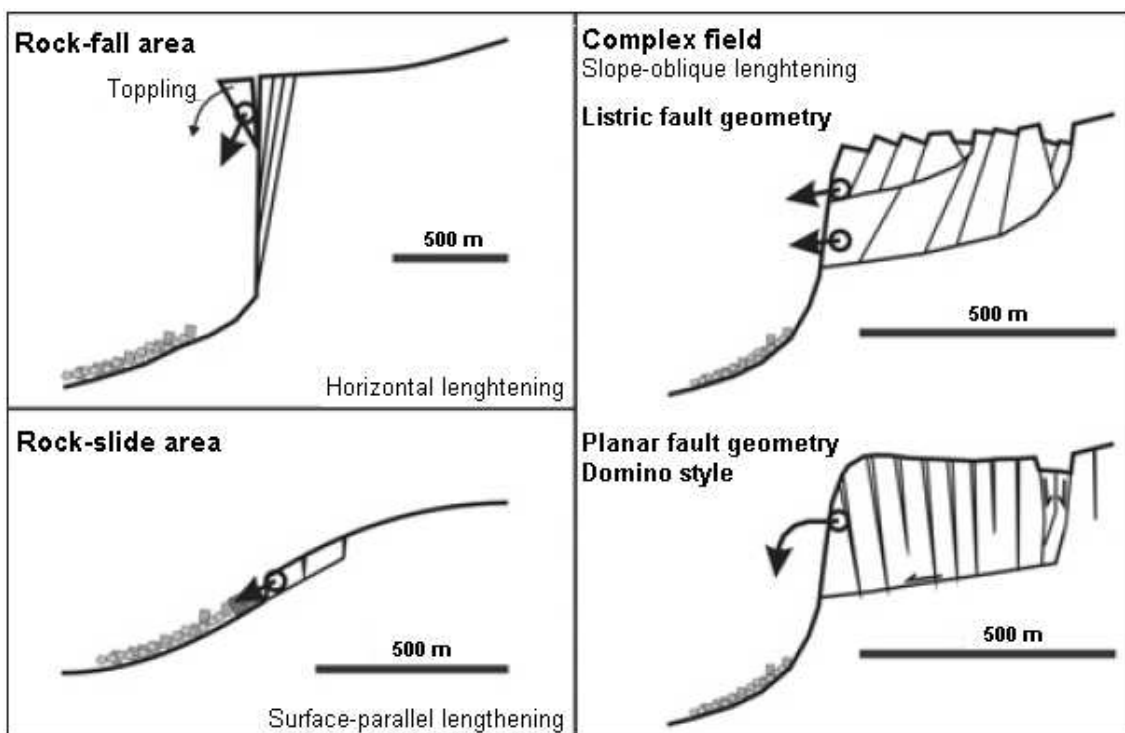
I følge Braathen m.fl.[7] har komplekse områder gjerne en utstrekning på 1 km^2 , mens dybden varierer fra 20 til flere hundre meter. Området består av et antall oppsprukne blokker, og er til dels karakterisert av kaotisk og ulik overflatemorfologi. De komplekse områdene kan deles i to kategorier i forhold til blokkens bevegelsesstil og sprekkgeometri. De to kategoriene er “Listric fault geometry” (listrisk forkastningsgeometri)



Figur 3: Kart over Børå og omegn. Den røde firkanten viser Børåplatået. Kartet er hentet fra NVE Atlas[31]



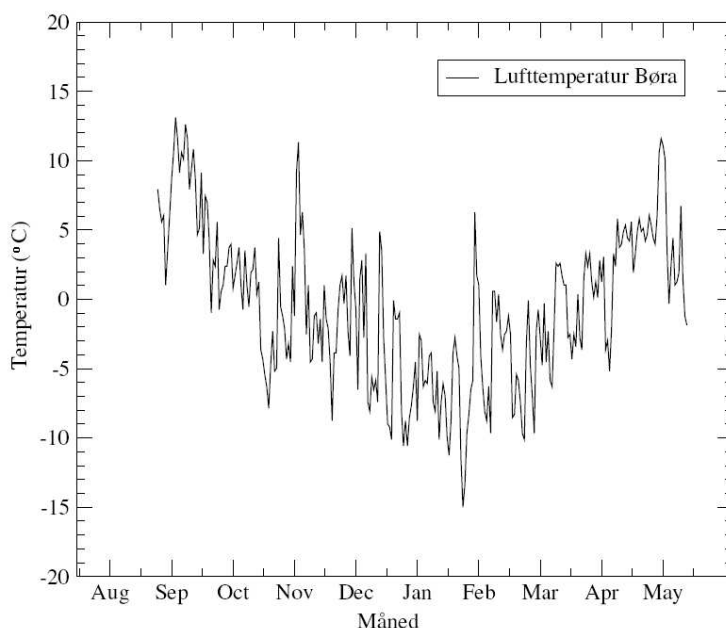
Figur 4: Figuren viser et kvartærgeologisk kart over Børa og omegn, samt legende. Den stippledte røde linjen avgrensner Børaplataet. Utsnittet er hentet fra "Raumavassdraget kvartærgeologi og geomorforlogi 1:80 000"[24]



Figur 5: Figuren viser grafisk de forskjellige ras-scenariene vi har i Norge. Hentet fra Braathen m.fl.[7].

og “Planar fault geometry” (planær forkastningsgeometri). Listrisk forkastningsgeometri karakteriseres ved kurvede nedadgående hovedsprekker. Det forekommer betydelig intern deformasjon ettersom blokkene roterer og konsekvent kollapser. Vanlige terrengformasjoner laget ved listriske forkastninger er horst og graben. Planær forkastningsgeometri resulterer i dominoeffekt i blokk-konfigurasjonen. Bevegelsene genererer hull og dype kløfter, men blokkene forblir inntakte til de når en kritisk vinkel og kollapser internt, eller velter. Den største forskjellen mellom de to kategoriene er blokkrotasjonenes generelle mønster. Listriske hovedsprekker forårsaker rotasjon vekk fra kanten og genererer intern deformasjon i blokkene, mens planære hovedsprekker fører til intakte blokker med lite rotasjon mot eller fra kanten. Komplekse områder involverer store steinvolum som kan bli trigget til å lage gigantiske steinras. Hvis hele området raser samtidig medfører det katastrofe for dalen under (Braathen m.fl.[7]).

Børa kan deles inn i to del-områder: nord og sør. I nord stryker sprekke hovedsaklig vestnordvest-østsørøst, men det er en spredning fra øst-vest til sør-nord. I sør-området stryker sprekke nord-sør og øst-vest. I hovedsak ser det ut til at foliasjonen øst-vest og foliasjonsparallelle sprekke kontrollerer det overordnede bildet, mens sprekke vinkelrett på dette (nord-sør), har en underordnet effekt. I Braathen m.fl.[7]



Figur 6: Lufttemperaturen på Børa for perioden august 2003 til mai 2004.

diskuteres det om Børaplataet er løst eller om det har strukket seg som følge av elastisk stress i dybden. Området har strukket seg 5%, hvilket i følge Braathen m.fl.[7] burde være nok til å si at det kan være løst. At Børaplattaet er løst støttes også av at vannene på Børa dreneres uten bekker, og at grunnvannet kommer ut et godt stykke ned i fjellveggen. Børa blir på bakgrunn av dette, og områdets struktur, kategorisert som et planært komplekst område.

1.3.3 Klima

Det ble i 2003 satt opp en klimastasjon som måler lufttemperaturen på Børa, bilde av stasjonen kan sees i figur 7. Stasjonen ble tappet for data i 2004. Da hadde den logget lufttemperaturen på Børa hver annen time fra 27. august 2003 til 21. mai 2004. Resultatet kan sees i figur 6. Dataene viser at gjennomsnittstemperaturen på Børa i løpet av perioden har vært $-1,5^{\circ}\text{C}$, makstemperatur har vært $14,4^{\circ}\text{C}$ og minimumstemperaturen har vært $-17,7^{\circ}\text{C}$. Det vitner om et forholdsvis kaldt klima. Målinger i litt under ett år trenger likevel ikke være representative for området. Den nærmeste værstasjonen til Børa er Romsdal/Alnes, som ligger i bunnen av dalen, rett nedenfor Børa. På [http://www.met.no/\[28\]](http://www.met.no/[28]) finnes Temperatur- og nedbørnormaler for Romsdal/Alnes for tidsperioden 1961 til 1990. Temperaturnormalen for Romsdal/Alnes er beregnet til $5,9^{\circ}\text{C}$. I følge Ketil Isaksen, forsker ved Meteorologisk institutt (muntlig samtale), kan man bruke en årlig lufttemperaturgradient på $0,65^{\circ}/100\text{ m}$ stigning for



Figur 7: Klimastasjonen på Børa. Stasjonen har målt verdiene i figur 6. Foto: Ketil Isaksen.

å regne ut Temperaturnormalen for Børa. Hvis en gjør det for værstasjonen på Romsdal/Alnes får en et årsgjennomsnitt på $-0,6^{\circ}\text{C}$ for Børa. Nedbørsnormalen fra Romsdal/Alnes, 915 mm, er også tatt i bruk. Nedbørsmengden kan økes i gjennomsnitt med 10% pr 100 m (Tveito m.fl.[26]). Utregning på nedbørsnormalen for Romsdal/Alnes gir da en nedbørsnormal for Børa på over 2000 mm.

2 Teori

2.1 Fotogrammetri

Fotogrammetri er ifølge Mora m.fl.[21] en metode for å måle form, posisjon og dimensjon til objekter på jordoverflata ved hjelp av stereomodeller laget fra overlappende flybilder. Kombinerer man stereomodeller med geodetisk målte kontrollpunkter kan man ved hjelp av fotogrammetriske teknikker lage digitale terrengmodeller. Lager man digitale terrengmodeller fra forskjellige epoker kan de sammenlignes og en kan finne forskyvninger eller forandringer i jordas overflate. Med digital fotogrammetri blir bildene prosessert i en datamaskin, flybilder kan enten scannes - eller man kan også nå ta digitale flybilder direkte. Fra de digitale flybildemodellene og terrengmodellen kan man lage ortofoto.

2.1.1 Orientering

For at man skal kunne få brukt digitale flybilder til noe må de først orienteres i forhold til hverandre, og i forhold til terrenget, slik at man får laget en digital stereomodell. Dette gjøres ved indre-, relativ- og absoluttorientering.

Indre orientering utføres i følge Johansen m.fl.[11] ved å måle rammemerkene på bildene (enten manuelt, halvautomatisk eller helautomatisk), og ved å bestemme transformasjonskonstantene. Transformasjonskonstantene bestemmer transformasjonen mellom målte pixel-koordinater og gitte rammemerkekoordinater. Altså knytter den sammen den matematiske forbindelsen mellom pixelkoordinatsystemet og kamerakoordinatsystemet.

Relativ orientering er i følge Andersen m.fl.[1] å eliminere y-parallakse i en modell for å få rekonstruert bildenes gjensidige stilling. Sagt på en annen måte: Å gjenskappe flysituasjonen i det bildet ble tatt. I digital fotogrammetri blir denne beregningen gjort ved å måle bildekoordinater for homologe punkter i von Gruber posisjoner, og i andre orienteringspunkter (Johansen m.fl. [11]). Med digital fotogrammetri kan denne prosessen gjøres helautomatisk. Programmet kan matche flere hundre punkter på kort tid, noe som gjør opp for dårlig nøyaktighet i enkelte av punktene. Man kan også manuelt definere punkter i det ene bildet, og la programmet finne de korresponderende punktene i det andre bildet. (Johansen m.fl.[11])

Absolutt orientering er, i følge (Johansen m.fl.[11]), å bestemme transformasjonen mellom modell og terreng, det vil si å knytte modellen til terrenget. Dette gjøres vanligvis ved å måle passpunkter i terrenget som kan finnes igjen i bildene, og måles inn der. En trenger minimum tre punkter med høydeinformasjon, og to i grunnriss (Andersen m.fl.[1]).

Det er nå etterhvert også mulighet for å bestille flybilder som er tatt med GPS/INS (Inertial Navigation Systems), et system som i teorien gjør det mulig å slippe passpunkt da systemet måler ytre orienteringselement (relativ- og absoluttorientering) i det bildet tas. INS består av *Inertial Measurement Unit* (IMU) og beregningsrutiner. IMU består av 3 akselerometre og 3 gyroer. INS gir da posisjon, hastighet og dreininger ved at akselerometrene måler akselerasjonen i 3 retninger, mens gyroene måler vinkelhastigheten rundt de 3 aksene i et rettvinklet koordinatsystem. GPS gir projeksjonssenterkoordinatene.

2.1.2 Nøyaktighet, scanning og oppløsning

Hvor gode bildene er til fotogrammetribruk, samt nøyaktigheten på stereomodellen, avhenger først og fremst av oppløsningen på bildene. Den geometriske oppløsningen avhenger av bildeelementet (pikslet), som for scannede bilder bestemmes av scannerens bildeelement. Et typisk bildeelement er fra $7,5\text{ }\mu\text{m}$ og oppover (Johansen m.fl.[11]). Scannerprosessen er en viktig del av fotogrammetriprosessen; feil som oppstår her vil ikke kunne rettes opp igjen senere. Dermed er det viktig å få scannet bildene med så god oppløsning som mulig, og å bruke komprimeringsteknikker som ikke mister data. Et scannet flybilde tar stor plass. Et $23 \times 23\text{ cm}$ bilde, digitalisert, kan gi opptil 940 000 000 bildeelementer. For hvert bildeelement avsettes 8 bit for å beskrive gråtonen, dermed vil datamengen for ett digitalisert flybilde, bli 940Mb ved $7,5\text{ }\mu\text{m}$ oppløsning. Nøyaktigheten for stereomodellen avhenger av hvor gode orienteringene er. Har man valgt gode punkter, og det er lite tvang i modellen, bør nøyaktigheten (standardavvikene) for indre og ytre orientering ligge rundt $5\text{ }\mu\text{m}$ eller bedre.

2.2 Digitale terrengmodeller

En digital terrengmodell er en modell som er istand til å beskrive formen til en terrengoverflate. Modellen inneholder informasjon om høyde i utvalgte punkter og en interpolasjonsrutine for å beregne høyder i ukjente punkt. Det fins flere forskjellige interpolasjonsrutiner, for eksempel Kriging, Fourierserier, splines og glidende gjennomsnitt.

Digitale terrengmodeller brukes for eksempel til visualisering og perspektivbetraktning, som grunnlag for fremstilling av ortofoto og høydekurver, og ikke minst som grunnlag for planlegging av blant annet veier, byggearbeider og telekommunikasjon.

2.2.1 Digital matching

Bildematching er å finne igjen et spesielt punkt i to eller flere bilder. Synet vårt er et godt eksempel på bildematching. Hvert øye ser hvert sitt bilde og smelter bildene sammen til ett felles bilde.

Digital bildematching er et substitutt for visuell matching med et kunstig visjonssystem. Her er bildene digitale, og punkt-sammenligningen blir utført av en datamaskin. Punkt-sammenligningen er, i følge Julien[12], at for ethvert punkt P i et bilde, kan programmet finne ut hvilket punkt Q i det andre bildet som representerer den samme detaljen, eller som er *homologe*, til punktet P . Julien[12] definerer digital matching som følgende: "Gitt to digitale betraktninger av et objekt, finnes automatisk alle parene av detaljer som er homologe" (oversatt).

Det fins flere typer metoder for matching, for eksempel krysskorrelasjon, arealbasert matching og objektbasert matching. Prinsippet om best korrelasjon er selve basisen i digital matching, den forklarer hvordan datamaskinen best mulig klarer å matche to punkter digitalt.

2.2.2 Prinsippet om best korrelasjon

La $r_1(c, 1), r_2(c, 1)$ være matrisen som representerer det digitale bildet. I teorien skal da to detaljer som er homologe, nå assimilert til to piksler $P_1 = (c_1, 1_1), P_2 = (c_2, 1_2)$, opptre identisk i de to bildene: $r_1(P_1) = r_2(P_2)$. Dette kan likevel ikke karakterisere homologe piksler, fordi det er mange ikke-homologe par Q_1, Q_2 som $r_1(Q_1) = r_2(Q_2)$. På den annen side kan man finne ut om to piksler er homologe ved å se på dens naboer som må være identiske. Altså vil:

$$\nu_{P_1}(c, 1) = \nu_{P_2}(c, 1) \quad \text{for} \quad -h \leq c \leq h, -k \leq 1 \leq k$$

hvor $\nu_{P_1}(c, 1) = r_1(c_1 + c, 1_1 + 1), \nu_{P_2}(c, 1) = r_2(c_2 + c, 1_2 + 1), -h \leq c \leq h, -k \leq 1 \leq k$, definere to nabolag til P_1, P_2 . Dette gjør det hele endel sikrere, da det er liten sannsynlighet for å møte to nabolag ν_{Q_1}, ν_{Q_2} med ikke-homologe piksler Q_1, Q_2 som tilfredstiller $\nu_{Q_1} = \nu_{Q_2}$.

Noe forkortet vil de viktige betingelsene for to piksler P_1, P_2 - for å vite om de er homologe, teoretisk være:

$\nu_{P_1} = \nu_{P_2}$ og $\nu_{P_1} \neq \nu_{Q_2}$ for ethvert piksel $Q_2 \neq P_2$, og $\nu_{Q_1} \neq \nu_{P_2}$ for ethvert piksel $Q_1 \neq P_1$.

I virkeligheten kan de to nabolagene ν_{P_1}, ν_{P_2} aldri bli fullstendig identiske, de kan kun bli like med en forskjell i radiometrien og geometrien. $I(\nu_{P_1}, \nu_{P_2})$ brukes til å måle likheten mellom de to nabolagene, definert ut fra distanse eller gjennom en korrelasjonsindeks, henholdsvis:

distanse: $I(v_{P_1}, v_{P_2}) = d_1(v_{P_1}, v_{P_2}) = \sum_{c,1} |v_{P_1}(c, 1) - v_{P_2}(c, 1)|$

korrelasjonsindeks: $I(v_{P_1}, v_{P_2}) = \sum_{c,1} v_{P_1}(c, 1)v_{P_2}(c, 1)$.

Jo likere bildene er, jo nærmere er $I(v_{P_1}, v_{P_2})$ det optimale: $I_{opt} = I(v_{P_1}, v_{P_2})$ for to identiske nabolag. For to homologe piksler P_1, P_2 er nabolagene så like som mulig, altså må det absolutte avviket $I(v_{P_1}, v_{P_2}) - I_{opt}$ være på et minimum:

$|I(v_{P_1}, v_{P_2}) - I_{opt}| < |I(v_{P_1}, v_{Q_2}) - I_{opt}|$ for alle piksler $Q_2 \neq P_2$ og

$|I(v_{P_1}, v_{P_2}) - I_{opt}| < |I(v_{Q_1}, v_{P_2}) - I_{opt}|$ for alle piksler $Q_1 \neq P_1$.

Disse nødvendige betingelsene for homologe piksler P_1, P_2 er hva prinsippet for beste korrelasjon består av (Julien[12]).

2.2.3 Arealbasert og objektbasert matching

Arealbasert matching baserer seg på krysskorrelasjon. Krysskorrelasjon baserer seg på prinsippet for best korrelasjon, og består av et referansevindu og et søkevindu. Referansevinduet (som for eksempel kan bestå av 9*9 piksler) flyttes gjennom alle pikslene i søkevinduet (et større vindu, for eksempel 25*25 piksler) og det regnes ut en korrelasjonskoeffisient for hver av posisjonene. Den høyeste koeffisienten indikerer match mellom de to vinduene. Ved arealbasert matching har man allerede predefinert posisjonene som terrengmodell-punktene skal ligge i, og søkevinduene omfatter disse. Ved hjelp av tilhørende bildekoordinater kan posisjonen, og x-parallaksen, til de korresponderende bildepunktene fastlegges. Her kan så terrenghøydene beregnes. Prosessen gjentar seg over hele stereoområdet.

Arealbasert matching egner seg best i bilder med høy radiometrisk kvalitet og god tekstur. Metoden er lett å programmere, men er svært tidkrevende på grunn av omfattende søkemengde.

I **objektbasert** matching registrerer man først en rekke objekter i form av spesielle strukturer i bildet. Disse objektene blir så brukt som matcheprimitiver under matchingen. Objektene blir valgt ut av en interesseoperator. I tillegg til selve objektet blir det også lagret en rekke egenskaper som for eksempel bildekoordinater, størrelse og orientering. Disse egenskapene blir så brukt under matchingen, og i tillegg til korrelasjonskoeffisienten fungerer de som mål på likheten.

Objektbasert matching egner seg best i områder med unike og veldefinerte strukturer, og metoden er lite følsom for bildestøy. Metoden er komplisert å programmere, men er relativt rask (Barstad[3]).

2.2.4 Nøyaktighet i digitale terrengmodeller

En DFA (digital fotogrammetrisk arbeidsstasjon) med en matchingsalgoritme kan generere høydepunkter meget raskt, men algoritmen kan også matche feil. I disse tilfellene blir høyden fra matchingsresultatet feil. Matchingsalgoritmen støter på vanskeligheter i skyggeområder, veiskjæringer og på flater med dårlig tekstur (som for eksempel vann og snø). I tillegg er trær, skog, bygninger og andre oppstikkende detaljer et problem. Matchingen kan her komme til å generere punkter oppe på objektene, og ikke på bakken slik vi ønsker. Enkelte matcheprogrammer går derfor gjennom alle punkter etter matchingen og ser etter 'oppstikkere'. Punktene fjernes, og høyden erstattes av en interpolert høyde fra nabopunktene. På samme måte kan helninger kontrolleres. Problemet med dette er at programmet kan fjerne punkter som egentlig skulle vært der. Følgene av disse problemene er at operatøren må gjøre manuelle målinger for å få en god terrengmodell. Dette gjøres ved å legge inn målinger i punkter, linjer og områder som operatøren vet at programmet vil få vanskeligheter med å matche i. I tillegg må den ferdige terrengmodellen nøye kontrolleres mot stereomodellen for å rette opp punkter som ikke ligger på bakken et.c. (Johansen m.fl.[11]).

I punkter hvor algoritmen ikke klarer å matche, blir det nye høydepunktet interpolert fra nærliggende punkter. Nøyaktigheten på disse punktene blir aldri like god som matchede punkter. Hvor nøyaktig interpolerte punkter blir, avhenger av terrenget. Er det flatt og jevnt terreng blir nøyaktigheten ved interpolering grei, mens hvis terrenget er bratt og ujevnt blir nøyaktigheten dårligere, dette spesielt hvis modellen har stor avstand mellom punktene.

Nøyaktigheten i terrengmodellene blir bedre av at algoritmen kan generere svært mange høydepunkt på relativt kort tid. Det er vanlig å generere rundt 100 000 punkter på 10 minutter (Johansen m.fl.[11]). Match-T og andre terrengmodellprogrammer bruker denne metoden til å øke kvaliteten ytteligere ved å først generere et nett av 500 000 punkter, for så å bruke disse punktene til å generere en resultatmodell med 50 000 punkter. Overskuddet av punktene øker kvaliteten på modellen fordi flere punkter bidrar til at feil, som punkter på topper av trær og hus, lettere oppdages. Interpolering blir mer nøyaktig fordi det interpoleres fra et tettere punktnett. Det blir i det hele tatt lettere å oppdage feil ved matchingen fordi et stort punktnett kan kontrollere enkelt-punktene. I tillegg blir nøyaktigheten høy når det ferdig utjevnede høydepunktet blir jevnet ut fra 10-20 matchede, tette og nærliggende punkter.

Det er påvist at det er sammenheng mellom pikselstørrelse og nøyaktighet i en terrengmodell. Johansen m.fl.[11] skriver at bilder med pikselstørrelse 30 μm gir noe dårligere resultat enn bilder med pikselstørrelse 15 μm , mens bilder med pikselstørrelse 60 μm gir et klart dårligere resultat.

Nøyaktigheten i en matchet digital terrengmodell avhenger av terrenget som er modellert. Et flatt terreng med lite variasjon er lettere å matche enn et bratt terreng med fjellsider og fjorder. I følge Andersen[2] er det gjort undersøkelser i Tyskland hvor nøyaktigheten på terrengmodellen er oppgitt til å være 0,06-0,10‰ av flyhøyden. Denne undersøkelsen ble gjort på et flatt jordbrukslandskap, og er lite representativ for norsk terreng. En annen undersøkelse er utført på Ringebufjellet, og Andersen[2] skriver om følgende erfaringer fra undersøkelsen:

- I flatt/gunstig terreng er nøyaktigheten 0,06-0,15‰ av flyhøyden
- I moderat terreng er nøyaktigheten 0,20-0,60‰ av flyhøyden
- I bratt/vanskelig terreng er nøyaktigheten 0,50-0,90‰ av flyhøyden

Til modelleringen av Ringebufjellet ble ingen punkter kuttet ut, ingen terrenklinjer ble konstruert og det ble heller ikke utelatt noen områder (Andersen m.fl.[11]). At dette ikke er gjort kan føre til grove feil i modellen som det da ikke er korrigert for.

Johansen m.fl.[11] anslår nøyaktigheten for automatisk terrengmodellgenerering til å være 0.2-0.4‰ av flyhøyden - avhengig av terrenotype.

2.3 Ortofoto

Ortofoto er en kombinasjon mellom det detaljerte flybildet og kartets geometriske egenskaper. Ortofoto er altså, i motsetning til et flybilde målriktig. Dette fordi flybilder er en sentralprojeksjon, mens ortofotoet er en ortogonalprojeksjon.

Digitale ortofoto brukes i dag mest i GIS-sammenheng, ofte som bakgrunnsbilde når man viser modeller laget i GIS, og til å lettere visualisere kartdata, men i mange tilfeller kan også ortofotoet gi informasjon utover dette.

For å produsere et digitalt ortofoto trengs egnet programvare, digitale flybilder med kjent ytre orientering og en digital terrengmodell med tilstrekkelig punkt-tetthet og nøyaktighet. Det digitale ortofotoet blir så laget matematisk ved å "transformere" digitale flybilder fra sin opprinnelige sentralprojeksjon til en ortogonalprojeksjon. Det digitale ortofotoet er bygget opp av en matrise av piksler. Pikslenes størrelse bestemmer ortofotoets oppløsning. Hvert piksel i et ortofoto er også geo-referert, hvilket vil si at det har kjente x og y-koordinater i terrengkoordinatsystemet. Når en lager et ortofoto tildeles hvert piksel en gråtoneverdi. Denne verdien beregnes ifølge Blankenberg[5] på følgende måte:

- Ved hjelp av pikselets kjente x og y-verdi fra terrengkoordinatsystemet beregnes en høydeverdi fra den digitale terrengmodellen ved å interpolere mellom punktene. Dette gir en z-verdi for pikslet, i tillegg til x og y-verdien som er kjent per definisjon.

- Med kjente tredimensjonale koordinater i terrengkoordinatsystemet for pikslet (x,y,z), samt kjent indre og ytre orientering for det aktuelle bildet, beregnes den tilsvarende posisjonen i det digitale flybildet, ved hjelp av formlene for perspektivisk avbildning. Dermed finner en ut hvilket piksel i flybildet som tilsvarer det samme pikslet i ortofotoet, og ortofoto-pikslet tildeles den samme gråtoneverdien som flybildet. Dette gjelder kun hvis man treffer midt i et piksel i flybildet.
- Som oftest treffer en ikke midt i et piksel i flybildet, dermed må ortofotopikslet beregnes som et vektet middel av flere piksler i flybildet. Det foretas en resampling hvor det kan benyttes ulike matematiske modeller; som nærmeste nabo og bilinear interpolasjon.

2.3.1 Geometrisk nøyaktighet

I følge Blankenberg[5] er et ortofoto per definisjon to-dimensjonalt, hvilket vil si at det ikke ligger noe høydeinformasjon i det. Den geometriske nøyaktigheten er da knyttet til lokaliseringen av et objekt eller deler av et objekt. Oppstikkende detaljer utgjør da vanligvis en feil i ortofotoet fordi de får en radiell forskyvning, hvilket vil føre til at det ser ut som om de ligger.

Det som likevel er utgjør den største påvirkningen av nøyaktigheten i ortofotoet er nøyaktigheten på orienteringen av flybildene og nøyaktigheten på terrengmodellen som benyttes. Det finnes to typer høydefeil i ortofotoet:

- høydefeil i selve terrengmodellen
- oppstikkende objekter som stikker opp over terrengmodellen

Høydefeil i terrengmodellen skyldes endten regelrette feil i terrengmodell-punktene, eller at det er blitt valgt en så grov maskevidde i modellen at interpolasjonen blir unøyaktig.

Med oppstikkende objekter menes objekter som stikker opp over terrengmodellen, for eksempel trær, hus og broer. Den digitale terrengmodellen refererer som regel til bakkenivå, dermed blir toppen av slike objekter avbildet feil i ortofotoet. Se figur 8. Størrelsen på feilen tilsvarer den radielle forskyvningen i bildet ortofotoet generes fra, og beregnes slik:

$$\Delta R = \frac{r}{c} * \Delta H \quad (1)$$

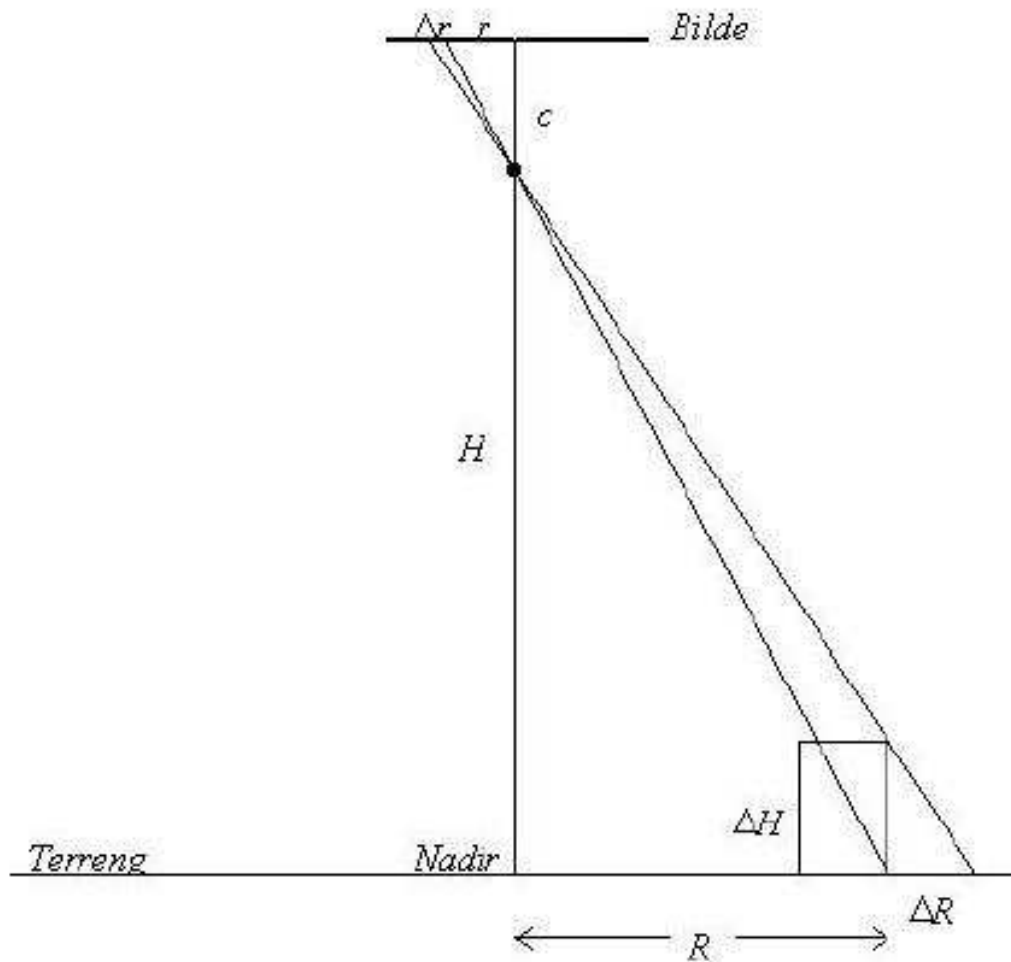
hvor

ΔR er objektets forskyvning i terrenget (i meter)

r er objektets avstand fra midten av bildet (målt i bildet i millimeter)

c er kamerakonstanten (målt i millimeter)

ΔH er objektets høyde over terrengmodellen (målt i meter).



Figur 8: Her blir det vist hvordan oppstikkende objekter blir avbildet feil i et ortofoto. Størrelsen på feilen tilsvarer den radielle forskyvningen i flybildet. (figuren er hentet fra Blankenberg[5])

Feil i ortofotoet som skyldes feil i terrengmodellen, kan beregnes etter samme formel, da tilsvarer ΔH feilen i terrengmodellen.

Det fins to muligheter til å redusere feilen i ortofotoet. Enten fotografere med en større kamerakonstant (som normalvinkelkameraer har) eller kun bruke sentrale deler av hvert bilde for å redusere r . Det må da være 80% overlapp i bildene i steden for vanlige 60% overlapp. Det finnes også et alternativ for å redusere, eller eliminere, feilen til oppstikkende objekter. Det er å registrere høyden, eller omrisset, av alle disse objektene, og benytte denne informasjonen under genereringen av ortofotoet. Hvis man gjør dette får man det som betegnes som *true ortofoto*. Et problem med denne metoden er at den må kombinere flere bilder over samme område, ellers vil ikke områder som ligger i dødvinkelen av de oppstikkende objektene bli avbildet i ortofotoet.

2.4 GPS

NAVSTAR GPS står for NAVigation System with Time and Ranging Global Positioning System. Det er et posisjoneringssystem utviklet av USAs forsvarsdepartement. Utviklingen startet allerede i 1974, og hensikten var å lage et posisjoneringssystem som var passivt, slik at en kan motta signaler fra satellittene uten å sende ut signaler selv. GPS er altså et enveis avstandssmålingssystem som i følge Øvstedal[33] forenklet kan beskrives slik:

$$S = c * (t_r - T_s) \quad (2)$$

hvor:

S er avstand mellom mottaker og satellitt

c er lysets hastighet

t_r er tidspunktet mottakeren mottar signal målt med mottakers klokke

t_s er tidspunktet satellitten sender ut signalet målt med satellittens klokke.

GPS består av tre ulike segmenter:

- Romsegmentet
- Kontrollsegmentet
- Brukersegmentet

2.4.1 Segmentene

Romsegmentet består av de aktuelle satellittene. I dag finnes det minst 24 operative satellitter som sirkler rundt jorda gjennomsnittlig 20 200 km opp i atmosfæren. Satellittene er fordelt på 6 baneplan med 4 satellitter i hver bane. Baneplanene skjærer ekvator 60° fra hverandre og har en inklinasjon med ekvator på 55° . Dette for at det til enhver tid, og til enhver plass på joda, skal befinne seg 4 satellitter over horisonten. I følge Øvstedal[33] veier en satellitt ca 845 kg og inneholder blant annet en radiobølgesender, en mottaker, en antenne, en liten datamaskin, et solcellepanel, hjelpemotorer og høypresise atomur som har en stabilitet på $1 \cdot 10^{-12}$ - $1 \cdot 10^{-13}$.

Satellittene sender ut signaler i to L-bånds bæreølger:

- L1: 1575,42 MHz, bølgelengde: 19,1 cm
- L2: 1227,60 MHz, bølgelengde: 24,5 cm

Mer om L1 og L2 i avsnitt 2.4.2.

Kontrollsegmentet sørger for system- og tidskontroll, og for overvåking og estimering av satellittenes baner. Segmentets oppgaver er, i følge Øvstedal[33]:

- kontrollere satellittsystemet
- bestemme GPS-systemtid
- forhåndsestimere satellittenes efemeride (koordinater som funksjon av tid) og satellittklokkenes drift
- sende oppdaterte navigasjonsdata til datamaskinen i hver satellitt

Kontrollsegmentet består av en hovedkontrollstasjon, tre sende/mottakerstasjoner og to rene mottakerstasjoner. Alle disse stasjonene er svært godt bestemt. Monitorstasjoner har kjente koordinater. Disse stasjonene mottar alle satellittsignaler og bestemmer fra disse avstandene mellom stasjonene og satellittene. Stasjonene sender så dette, sammen med meteorologiske data, til hovedkontrollstasjonen, som regner ut efemerider og atomurenes gang for hver satellitt. Sendestasjonene sender oppdatert informasjon til satellittene (Øvstedal[33]).

Brukersegmentet består av mottakere som kan motta, dekode og prosessere signalene fra GPS-satellittene. De aller fleste mottakere består, i følge Øvstedal[33], av en antenne med forforsterker, en radio-frekvensdel for identifisering og bearbeiding av de mottatte signalene, klokke, mikroprosessor og programvare som styrer mottakerens funksjoner og registrerer og bearbeider de mottatte dataene, i tillegg til tastatur og display for kommunikasjon mellom operatør og mottaker, samt medium for lagring av data, og strømforsyning.

2.4.2 Signalene

GPS-signalene sendes ut på to frekvenser, L1 og L2. På frekvensene sendes to koder, C/A-kode (1,023 MHz) og P(Y)-kode (10,23 MHz). C/A-koden (Coarse Acquisition) sendes kun på L1, mens P(Y)-koden (Precise) sendes på begge frekvenser. Kodene består av en binær sekvens som gjentas til stadighet. P(Y)-koden er veldig lang, og bruker sju dager på å repetere seg, mens C/A-koden repeteres hver 1023 bit, etter et millisekund.

P(Y)-koden er mer "nøyaktig" enn C/A-koden, fordi den har høyere frekvens, mens posisjonsmåling blir mer nøyaktig med P(Y)-koden fordi den mottar kode både fra L1 og L2, noe som gjør det mulig å eliminere endel av for eksempel ionosfærefeilen. P(Y)-koden er imidlertid lukket for almenheten og kun åpen for militære brukere. Måten den er lukket på er at det kun er P(Y)koden som inneholder krypteringsnøglen for både SA (Selective Availability) og A-S (Anti-Spoofing). SA kan brukes til å redusere nøyaktigheten på GPS-målingene. Den reduserer nøyaktigheten på mottatt GPS-posisjon, hastighet og satellitt-klokke ved å introdusere tilfeldige feil på kodesignalet.

Det er kun USAs president som har myndighet til å justere SA. Helt frem til år 2000 var den skrudd på slik at posisjonsnøyaktighet ved måling på C/A-koden kun var rundt 100 m (ca 95%). I år 2000 ble den skrudd av, slik at posisjonsnøyaktigheten nå er på rundt 10 m (ca 95%). A-S er aktivert på alle satellittene slik at mottaker er sikrere på at det er riktig signal som mottas. C/A-koden har ikke Anti-Spoofing.

På begge frekvenser sendes også en 50 MHz "Broadcast Message". Beskjeden inneholder data om satellitten den sendes fra, samt informasjon om alle de andre satellittene. Mer spesifikt inneholder beskjeden i følge "Navstar GPS user equipment introduction"[32]:

tiden gps-signalet ble sendt fra satellitten, klokkekorreksjon, efemerider, helsedata for satellitten som sender signalet, almanakk og helsedata for alle satellittene, koeffesienter til modellen for ionosfærisk forsinkelse samt koeffesienter til å regne ut UTC (Universal Coordinated Time).

Broadcast Message består av 25 deler a 1500 bit, delt opp igjen i fem mindre deler, hver av 300 bit. Det tar 6 sekunder å motta en av de fem mindre delene, 30 sekunder å motta en hel del og 12,5 minutt for å motta alle de 25 delene. Av de mindre delene inneholder 1, 2 og 3 den samme informasjonen for alle de 25 delene, altså trenger en kun 30 sekunder for å de kritiske satellittdataene som klokkekorreksjon for signaliserende satellitt, parametre for nøyaktighet og signalets helse samt efemerideparametre til å regne ut satellittens posisjon.

2.4.3 Punktbestemmelse

Ved hjelp av en GPS skal en kunne bestemme posisjoner på jordens overflate. Dette gjøres ved hjelp av enkeltposisjonsmåling eller relativ posisjonsmåling, se figur 9. Bestemmelsen kan gjøres ved å måle på signalenes kode eller fase.

Kodemåling

GPS måler tidsdifferansen mellom mottatt og sendt signal. Det brukes en enveis måling hvor det måles med klokkene i satellitt og mottaker. Siden disse klokkene alltid vil inneholde en feil i forhold til hverandre snakkes det kun om psau-do-avstand, og den geometriske avstanden vil bli forfalsket med en avstand lik klokkefeil ganger lysfart. I følge Øvstedal[33], kan enkeltposisjonering med kodemåling beskrives slik:

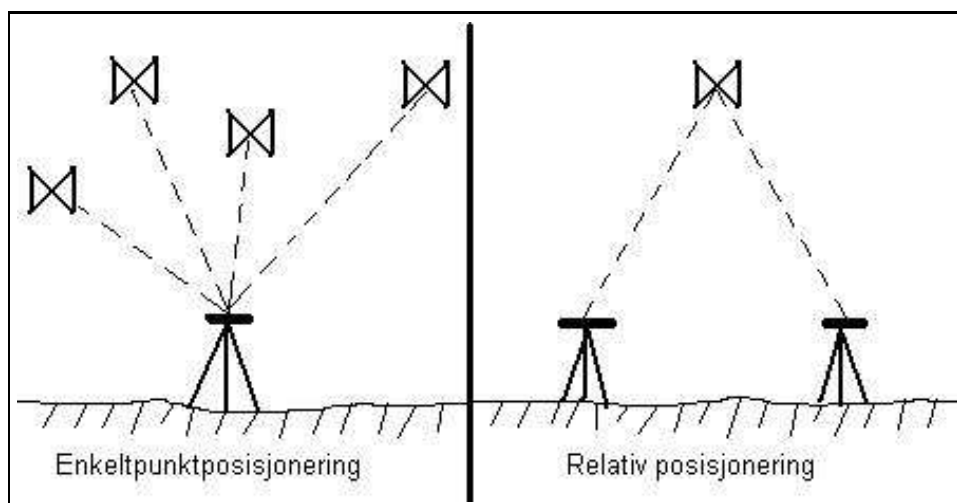
$$R_i^j(t) = \rho_i^j(t) + c * \Delta\tau_i^j(t) + \Delta R_i^j(t)_{iono} + \Delta R_i^j(t)_{tropo} \quad (3)$$

hvor:

$R_i^j(t)$ er den målte psau-doavstanden

$\rho_i^j(t)$ er den geometriske avstanden mellom satellitt og antenne

c er lyshastigheten



Figur 9: Grafisk fremstilling av enkelpunkt- og relativ posisjonsmåling.

$\Delta\tau_i^j(t)$ er klokkeforskjell mellom mottaker i og satellitt j ved tidspunkt t

$\Delta R_i^j(t)_{iono}$ er ionosfærisk korreksjon

$\Delta R_i^j(t)_{tropo}$ er troposfærisk korreksjon

$\rho_i^j(t)$ kan i følge Hofmann-Wellenhof m.fl.[10] videre beskrives slik:

$$\rho_i^j(t) = \sqrt{(X^j(t) - X_i)^2 + (Y^j(t) - Y_i)^2 + (Z^j(t) - Z_i)^2} \quad (4)$$

hvor:

X^j, Y^j, Z^j er den geometriske koordinaten for satellitten og

X_i, Y_i, Z_i er den ukjente koordinaten til punktet som måles

Likningen har fire ukjente: den ubestemte koordinaten til punktet (X,Y,Z), samt klokkefeilen. I og med at vi får "rettet opp" satellittens klokkefeil samt korrigert for ionosfære og troposfære via broadcast message, er det kun mottakkers klokkefeil som må løses. Problemet med de fire ukjente løses ved at man må måle til minst fire satellitter samtidig. Da får man minst fire likninger, og kan med en gang løse ut posisjon og klokkefeil (Hofmann-Wellenhof m.fl.[10]). Man kan også måle til samme satellitt fire ganger over tid, men vil da få svært dårlig geometri. Hvis det under måling måles til flere enn fire satellitter, foretas en utjevning etter minste kvadraters metode (Øvstedal[33]).

Fasemåling

Ved fasemåling måles signalets fase istedenfor kode, ved å måle differensen mellom signalet sendt fra satellitt, og det signalet som mottakeren selv genererer. Ved fase-

måling søkes først etter satellitter, og når en får faselås begynner så gjenskapelsen av signalet. En kan da temmelig nøyaktig måle fasevinklen innenfor en bølgelengde på bærebølgen, hvilket gjør fasemåling mer nøyaktig enn kodemåling, fordi bølgelengden er mye mindre (19 cm mot 300 m på C/A-koden). Problemet med fasemåling er at en ikke vet hvor mange hele bølgelengder som er mellom satellitt og mottaker. Det vil i teorien være et heltall, og denne usikkerheten kalles gjerne heltallsukjent eller *integer ambiguity*. Den heltallsukjente må enten elimineres, eller bestemmes ved etterprosesserings. I følge Hofmann-Wellenhof m.fl.[10] kan fasemåling med GPS beskrives slik:

$$\Phi_i^j(t) = \frac{1}{\lambda} \varrho_i^j(t) + N_i^j + f^j \Delta\delta_i^j(t) \quad (5)$$

hvor:

$\Phi_i^j(t)$ er den målte bærebølgens fase

λ er bølgelengde

$\varrho_i^j(t)$ er geometrisk avstand mellom satellitt og det målte punktet

N_i^j er den heltallsukjente

f^j er frekvensen av det målte signalet i bølgelengder per sekund

$\Delta\delta_i^j(t)$ er klokkefeilen

Klokkefeilen kan splittes i to:

$$\Delta\delta_i^j(t) = \delta^j(t) - \delta_i(t) \quad (6)$$

hvor:

$\delta^j(t)$ er satellittens klokkefeil og $\delta_i(t)$ er mottakers klokkefeil.

Vi antar igjen at satellittens klokkefeil er kjent (for å få dette til må en ha en mottaker som også kan motta og tolke C/A-koden). For n_j satellitter, n_t epoker og et enslig punkt i , vil det være $n_j n_t$ mulige målinger. Likning 5 kan skrives om slik:

$$\Phi_i^j(t) - f^j \delta^j(t) = \frac{1}{\lambda} \varrho_i^j(t) + N_i^j - f^j \delta_i(t) \quad (7)$$

Antall ukjente blir da:

$$n_j n_t \geq 3 + n_j + (n_t - 1) \quad (8)$$

Dette gir følgende likning for antall epoker:

$$n_t \geq \frac{n_j + 2}{n_j - 1} \quad (9)$$

Mer om løsning ved å måle flere epoker i avsnitt 3.2.1. Løsning for en enkelt epoke er umulig med mindre N_j (den heltallsukjente) er kjent (Hoffmann-Wellenhof m.fl.[10]). Dette kan en løse ved relativ punktmåling og differensiering. Det finnes tre steg i differensieringen:

Enkeldifferanse er definert som differansen mellom to simultant utførte målinger i to forskjellige stasjoner til samme satellitt. Målet er å eliminere satellittens klokkefeil.

Dobbeldifferanse er definert som differansen mellom to enkeldifferanser til to forskjellige satellitter. Metoden eliminerer mottakers klokkefeil.

Trippeldifferanse kan defineres som differansen mellom to dobbeltdifferanser til to forskjellige tidspunkt. Metoden eliminerer den heltallsukjente, men løsningen blir ikke geometrisk god såfremt de to måletidspunktene ikke er langt nok fra hverandre i tid.

Disse metodene kan brukes ved relativ punktbestemmelse hvor koordinatene til et punkt er kjent, og man prøver å finne koordinatforskjellene til et nytt punkt. Vektoren mellom det kjente og det nye punktet kalles gjerne for *baselinja*. Fordelen ved å differensiere er i følge Øvstedal[33] at en stor del av både satellitt og mottakers klokkefeil elimineres. I tillegg vil en feil i satellittens koordinater gi et langt mindre bidrag til den relative baselinja enn til de absolutte posisjonene. Punkter som ligger relativt nære hverandre vil også kunne få eliminert store deler av ionosfæren og troposfærens påvirkning av signalet. Tilslutt faller også den heltallsukjente bort i trippeldifferansen. Gjennom trippeldifferensiering kan man også finne, og dermed eliminere, fasebrudd. Fasebrudd vil inntreffe når signalet som mottaker har faselås på av en eller annen grunn avbrytes. Dette er ikke uvanlig, da signalet er svakt, og satellittene befinner seg over 20 000 km unna mottakeren. Fasebrudd vil helt klart påvirke fasemålinger, da mye av fasemålingens oppgave er å regne ut den heltallsukjente.

Statisk og kinematisk måling

Statisk GPS er metoden som først ble anvendt til landmålingsformål, og er, i følge Øvstedal[34], fortsatt den mest pålitelige og nøyaktige metoden. Mottakerene stilles opp i ett (eller flere) kjentpunkter og ett (eller flere) nypunkter, og måler kontinuerlig til alle GPS-satellitter som har elevasjonsvinkel høyere enn en brukerdefinert grense. Observasjonene skrives til fil med jevne mellomrom. Vanlig observasjonstid er fra 1/2-2 timer avhengig av lengden på vektoren. Hvis baselinja er lengre enn 20 km, bør en måle lenger enn 2 timer. Etter utførte målinger overføres observasjonene til en PC for etterprosessering og beregning av vektorene. Først beregnes en trippeldifferanse for å identifisere fasebrudd og beregne foreløpig verdi for vektorkomponentene (dx , dy , dz). Oppdages fasebrudd finnes rutiner for å beregne størrelsen på bruddet, og observasjonene korrigeres for dette. Det utføres så en dobbeldifferanseberegning med vektorkomponenter og den heltallsukjente som ukjente. Den heltallsukjente bør helst være et heltall, men beregnes som et reelt tall. Det utføres en statistisk test for å

bestemme om den heltallsukjente faktisk er et helt tall. Dersom den er et heltall låses den til dette heltallet og innføres som en kjent størrelse i FIX-løsningen. FIX-løsning er løsningen etter beregning hvor kun de tre vektorkomponentene er ukjente. Et etterproseseringsprogram kan også tillate å bruke FLOAT-løsning, en løsning hvor den heltallsukjente tillates å ikke være et heltall.

Ved måling med **kinematisk GPS** flyttes en antenne, mens en annen antenne står i ro i et kjent punkt. Det blir beregnet en relativ posisjon for hvert måletidspunkt, og observasjonsintervallet bestemmer hvor ofte posisjonen blir oppdatert. Metoden forutsetter kontinuerlig faselås, altså at antennene klarer å “holde” på tilstrekkelig mange felles satellitter under hele måleprosessen, og at det ikke blir brudd i fasesignalet. Ved å observere til fire satellitter får en bestemt de 3 ukjente koordinatene. Ytterligere satellitter gir overbestemmelser, som er ønskelig. Den heltallsukjente må initialiseres på en eller annen måte før en kan løse ut koordinatene. Dette kan gjøres på forskjellige måter, for eksempel med metoden “on-the-fly”-initialisering, eller ved å bestemme flertydigheten ved en innledende måling (initialisering) (Øvstedal[34]).

2.4.4 Nøyaktighet

Nøyaktigheten ved kodemåling med GPS avhenger, i følge Øvstedal[33], av to parametre:

- Nøyaktigheten til den enkelte avstandsmåling uttrykt ved UERE (User Equivalent Range Error) eller ved det tilhørende standardavviket (middelfeilen) m_r .
- Satellittenes geometriske konfigurasjon

UERE er et mål på feil som oppstår ved kodeavstandsmåling på veien fra hver satellitt til en mottaker. Ved relativ fasemåling faller det meste av UERE-feilkildene bort i differensieringen. I tabell 1 er det listet opp de forskjellige feilkildene til GPS-avstandsmålinger. Tallene er gitt innenfor et 95% konfidensintervall, og er oppgitt i meter.

Satellittgeometri

En GPS-mottaker bestemmer sin posisjon, fart og tid ut fra signalene fra minst fire satellitter ved hjelp av triangulering. Beregningenes presisjon avhenger av de brukte satellittenes konstellasjon. Antall satellitter, og deres posisjoner, vil sjelden være helt ideelle, og maks oppnåelig presisjon vil i praksis uttynnes (“dilute”). Det finnes flere former for denne uttynningen, kalt Dilution of Precision (DOP). DOP er et mål av kvaliteten på GPS-dataene som mottas fra satellittene. Det er en matematisk representasjon for kvaliteten på den beregnede posisjonen. De viktigste faktorene som

Segment	Feilkilde	UERE bidrag (m)	
		P-kode	C/A-kode
Rom	Frekvensstabilitet	6.5	6.5
	D-bånds forsinkelses-variabel	1.0	1.0
	Romfartøyets akselerasjons-usikkerhet	2.0	2.0
	Annet	1.0	1.0
Kontroll	Efemerideprediksjon og modellimplementasjon	8.2	8.2
	Annet	1.8	1.8
Bruker	Ionosfære-forstyrrelse	4.5	9.8-19.6
	Troposfære-forstyrrelse	3.9	3.9
	Mottakerstøy og løsning	2.9	2.9
	Multipath	2.4	2.4
	Annet	1.0	1.0
Sum total UERE		13.0	15.7-23.1

Tabell 1: UEREs feilbudsjett, hentet og oversatt fra “Navstar GPS User Equipment introduction”[32]. I vanlig C/A-kode er ionosfære-forstyrrelse det største bidraget til feil i GPS-målingene.

påvirker DOP er antall satellitter som det blir målt mot, og disse satellittenes posisjon på himmelen. Effekten av DOP kan deles inn i følgende:

- HDOP - Horizontal Dilution of Precision, et mål på hvor god satellittenes posisjoner er, for bruk til beregning av lengde og bredde.
- VDOP - Vertical Dilution of Precision, et mål på hvor godt satellittene er plassert for bruk til beregning av posisjonsløsningens vertikale komponent.
- TDOP - Time Dilution of Precision, et mål på hvordan satellittgeometrien påvirker mottakerens evne til å beregne tid.
- PDOP - Positional Dilution of Precision, et generelt mål på usikkerheten i posisjonsløsningen, uten TDOP. Best PDOP (altså lavest verdi) fås når en har en satellitt direkte over seg, og tre andre godt spredt over horisonten.

PDOP kan skrives slik:

$$PDOP = \sqrt{(HDOP^2 + VDOP^2)}$$

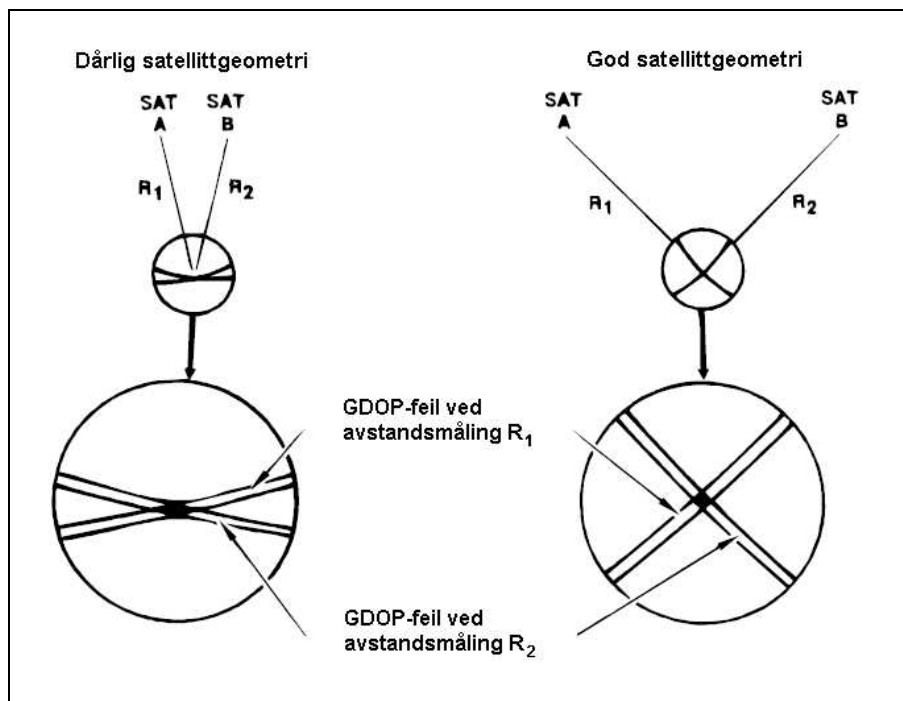
- GDOP - Geometric Dilution of Precision, er et samlet mål på usikkerheten i en GPS-posisjonsløsning, og kan skrives slik:

$$GDOP = \sqrt{(TDOP^2 + HDOP^2 + VDOP^2)} \text{ evt: } GDOP = \sqrt{(PDOP^2 + TDOP^2)}$$

GDOP varierer fordi satellittene stadig er i bevegelse, hvilket hele tiden endrer geometrien mellom dem. Som en konsekvens av dette varierer GDOP med tid og brukerlokalisering. Gjennomsnittlig GDOP ser ut til å inneholde en sirkulær feilfordeling i horisontalplanet med et vertikalfeilbidrag i størrelsesorden 1,5 ganger den horisontale feilen. GDOP kan være asymmetrisk i de tre dimensjonene, og variere signifikant fra gjennomsnittsgdop til en gitt måling. GDOP er dog lett å måle for brukeren, som dermed kan disponere posisjonsmålingene sine etter optimale GDOP-forhold.

Hva er så god satellittgeometri? Hvis en ser for seg to linjer for å beskrive brukerens posisjon vil en oppnå minst feil hvis de to linjene ligger i kryss med rette vinkler, jamfør figur 10. Den største feilen får en hvis de to linjene nærmer seg parallelle. For GPS vil den største feilen oppstå hvis siktlinja mellom bruker og satellitter nærmer seg parallell, eller hvis alle fire satellittene nærmer seg samme plan (Navstar GPS User Equipment Introduction[32]). Linjene i figur 10 utgjør i virkeligheten sfærer rundt satellittene, og avstandsmålet svarer til kuleflata rundt denne sfæren.

Ved relativ posisjonsmåling er det, i følge Øvstedal[33], viktigere å måle til de samme satellittene over et tilstrekkelig langt tidsrom enn det er at GDOP-verdiene til enhver tid er små, fordi det en ønsker med relativ måling er en forandring i satellittgeometrien for å få en så god bestemmelse av de heltallsukjente som mulig.



Figur 10: Grafisk fremstilling av god og dårlig satellittgeometri. De svarte områdene i midten av de kryssede linjene tilsvarer DOP-verdien. Figuren er hentet fra Navstar GPS User Equipment Introduction[32] (oversatt)

Multipath og fasebrudd

Multipath oppstår når signalet fra satellitten til mottakeren blir reflektert, eller på andre måter hindret, av for eksempel et hus eller et tre. I stedet for å gå rett fra satellitt til mottaker blir signalet reflektert fra huset eller treet til mottakeren. Dermed har signalet brukt lengre tid på veien fra satellitt til mottaker, og mottakers posisjon vil bli feil. For å redusere feil fra multipath kan en prøve å gi mottakeren fri himmelsikt. Men selvom mottaker har dette, kan multipath fortsatt forekomme, men risikoen er mindre.

Fasebrudd oppstår når mottaker mister faselås på et signal i et kortere eller lengre tidsrom. Dette kan skyldes fysiske hindringer mellom satellitt og mottaker, som for eksempel en svaiende grein, ekstrem ionosfæreaktivitet, eller hardwareproblemer i mottaker (Øvstedal[34]). For fasemålinger er det uheldig når det oppstår slike brudd i en kontinuerlig serie, da det er viktig å regne seg frem til antall hele bølgelengder fra satellitt til mottaker. Hvis en differensierer kan en oppdage fasebrudd ved trippeldifferanse.

2.5 Geoelektrikk

Geoelektrikk er en metode som blir brukt i studiet av horisontale og vertikale diskontinuiteter i bakkens elektriske egenskaper. Metoden blir også brukt til å detektere tredimensjonale objekter med avvikende elektrisk ledningsevne. Metoden finner resistivitet i bakken ved å tilføre strøm, og måle differansen i potensialet ved bakkens overflate. Derivasjon av mønsteret fra potensialets differanse, forventet av homogent bakkemateriale, gir informasjon om form og elektriske egenskaper fra bakkens inhomogene materiale (Kearey m.fl.[17]). I denne teoridelen blir geoelektrikk beskrevet svært generelt, mer om metodene brukt til studien finnes i metodekapitlet, avsnitt 3.3.

2.5.1 Resistivitet

Forskjellig materiale har forskjellige elektriske egenskaper. Geoelektrikken kartlegger den fysiske egenskapen resistivitet. Et materiales resistivitet er definert som motstand (målt i Ohm) mellom to motstående sider i en kube av materialet. Matematisk kan det, i følge Kearay m.fl.[17], beskrives slik:

$$\rho = \frac{\delta R \delta A}{\delta L} \quad (10)$$

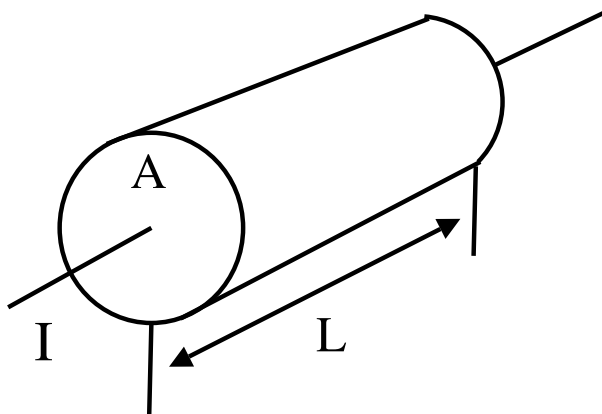
for en strømledende sylinder hvor:

ρ er resistiviteten

δR er materialets motstand

δA er sylinderens tverrsnitt og

δL er sylinderens lengde.



Figur 11: Resistivitet i en strømførende sylinder avhenger av sylinderens motstand, tverrsnitt og lengde

Materialtype	Resistivitet i Ωm
Granitt	$10^{2,5} - 10^6$
Gabbro	$10^3 - 10^6$
Kvarts	$10^1 - 10^9$
Leirskifer	$10^1 - 10^4$
Sandstein	$1 - 10^9$
Leire	$1 - 10^1$
Luft	$10^7 - \infty$
Vann	$10^1 - 10^2$
Permafrost	$10^4 - 10^6$

Tabell 2: Tabellen gir noen tall på enkelte materials resistivitet. Tallene er hentet fra Kearey m.fl.[17] og Hauck[9]

SI-enheten for resistivitet er ohm-meter og den resiproke verdien for resistivitet er ledningsevne. Resistivitet er en av fysikkens mest varierende egenskaper, noen materialer, som grafitt, leder elektrisitet via en gjennomstrømming av elektroner, mens de fleste mineraler fungerer som isolatorer, og leder elektrisk strøm gjennom ioner i mineralets porevann (Kearey m.fl.[17]). Resistiviteten til disse materialene avhenger av egenskaper som porøsitet og temperatur, porevannets resistivitet, saltinnhold, temperatur og metning, samt leireinnhold og trykk ([http://appliedgeophysics.berkeley.edu:7057/\[27\]](http://appliedgeophysics.berkeley.edu:7057/[27])). Tabell 2 viser noen materials resistivitet. En kan fra tabellen se at det er mye overlapp i resistiviteten, og man kan derfor ikke bestemme materialtype kun ved resistivitetsmåling.

Måling av resistivitet i bakken

Strøm fordeles i et homogent materiale, jamfør figur 12. For å måle potensialet i bakken via et punkt på overflata av et homogent materiale, som blir tilført strøm, har Koefoed[18] følgende formel:

$$\Phi = \frac{\rho I}{2\pi r} \quad (11)$$

Hvor:

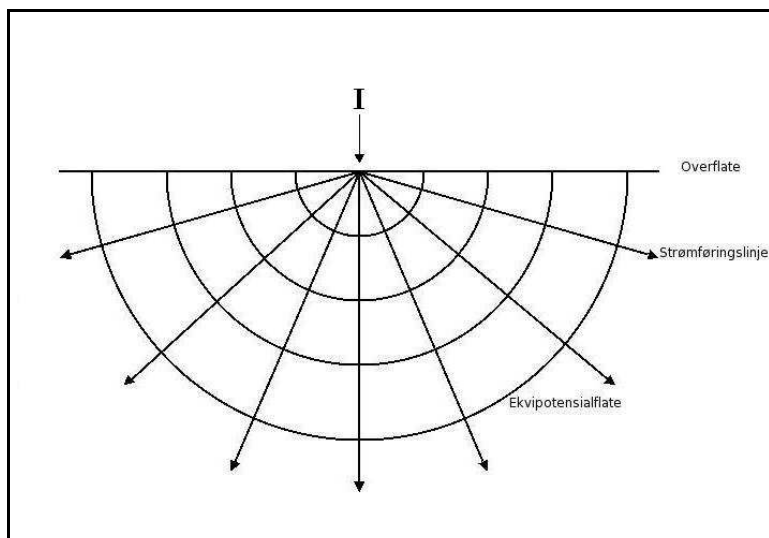
Φ er potensialet med hensyn på strømpunktkilden

ρ er resistivitet i homogent materiale

I er intensiteten på strømmen som tilføres

r er avstand mellom strømpunktkilden og punktet det måles potensiale i

Når en skal måle med geoelektrikk i felt kommer en aldri bort i materiale som er



Figur 12: Figuren viser hvordan strøm fordeles i et homogent materiale, tilført i et punkt.

homogent. Dermed måler en kun en *foreløpig resistivitet* når en måler. Forholdet mellom foreløpig og riktig resistivitet er komplekst, og for å kunne bestemme bakkens riktige resistivitetsverdier må en inverttere den målte foreløpige resistiviteten ved bruk av avansert datateknologi.

I følge Loke[20], er formelen for foreløpig resistivitet denne:

$$\rho_a = k \frac{V}{I} \quad (12)$$

Hvor:

ρ_a er den foreløpige resistiviteten

k er elektrodesystemets geometriske faktor

V er spenning og

I er strøm

Potensiale i seg selv kan ikke måles, man kan kun måle differanse i potensialet. Strøm kan ikke skapes i ett punkt, det må alltid være en annen elektrode tilstede for å returnere strømmen. I alle systemer av elektroder er det alltid to elektroder for strøm og to for spenning, hvilket gir differanse i potensialet. I praksis vil dette si at det alltid brukes et system av elektroder til å måle resistivitet. (http://appliedgeophysics.berkeley.edu:7057/dc/dcem_bar.html [27]). Det finnes flere slike systemer av elektroder, blant andre Wenner, Shlumberger, Pole-dipole, dipole-dipole. Mer om Wenner i avsnitt 3.3.2.

2.5.2 Nøyaktighet

Målemetoden geoelektrikk har flere begrensninger. Den største er kanskje at alle resultater må tolkes, og tolkning er vanskelig. Derfor trengs det uavhengige geofysiske og geologiske undersøkelser for å skille mellom gyldige alternative tolkninger av resistivitetsdataene. Tolkningene er også bundet til simple strukturelle former. Ethvert avvik fra de strenge formene blir umulige å tolke. Topografi og effekter fra næroverflate-resistivitet kan skjule effekten av eventuelle dypere variasjoner. Hvor dypt ned i bakken en når med metoden er begrenset av maksimum spenning som kan tilføres bakken, og den fysiske begrensningen en har med antall meter kabel i til tider vanskelig terreng. (Kearey m.fl.[17]).

3 Metode

For å kunne bestemme om det har vært bevegelse på Børa ble det tatt i bruk forskjellige metoder. Det ble planlagt GPS, fotogrammetri, nivellement og georadar. I tillegg gjorde NGU geoelektrikk- og seismikk-målinger. Av forskjellige årsaker stod vi tilslutt igjen med data til fotogrammetri, GPS, geoelektrikk og nivellement. I fotogrammetrien ble det brukt bilder fra 1974 og 2003, altså kunne vi forsøke å finne ut om det var skjedd forandringer i løpet av de omlag 30 årene det er mellom bildene. Det var fra tidligere etablert ni GPS-punkter på Børa. Vi etablerte selv noen til, og alle punktene ble målt i løpet av feltturene i 2003 og 2004. Under feltturen i 2003 ble det foretatt fire geoelektrikkprofiler, for å se om sprekkesystemene fortsetter nedover i fjellet, under overflata. Det ble nivellert over to strekninger alle tre feltturene.

I dette kapitlet beskrives alle metodene tatt i bruk i denne studien.

3.1 Digital fotogrammetri

Kääb fastslår i flere av sine artikler at digital fotogrammetri er en velegnet og god metode for å detektere små forandringer i bakkens overflate, også i alpine miljøer (blant annet: Kääb m.fl.[13], Kääb[14], Kääb[15], Strozzi m.fl.[25]). Det er en stor utfordring å finne bilder som dekker området man skal undersøke, særlig hvis det er et område som befinner seg godt utenfor allfarvei (Kääb[15]). Det har ikke vært så stort problem i dette tilfellet, men det var vanskeligere å finne gode bilder som dekket hele fjellplatået, og hvor områdene som er av interesse ikke var fullstendig dekket med snø. Vi endte opp med tre bilder fra 1974, og fire fra 2003. Tekniske detaljer om bildene kan sees i tabell 3.

År	Ant. bilder	Flyhøyde	Målestokk	Serienr	Oppløsning	Kamerakonstant
1974	3	ca 3380	ca 1:22 000	4650	14 μm	151.61
2003	4	ca 3000	ca 1:20 000	12993	14 μm	153.681

Tabell 3: Tabellen viser tekniske data for flybildene brukt i oppgaven. Fjellplatået Børa ligger på rundt 1000 m.o.h, hvilket gjør at flyhøyden i flybildene over området de er brukt for er ca 1000 m mindre, og målestokken er ca 1:15 000. Alle bildene er tatt av Fjellanger Widerøe.

3.1.1 Orientering

Bildene ble indre-, relativ- og absolutt-orientert i programmet Image Station Digital Mensuration fra Z/I Imaging. Vi hadde ingen passpunkter til absolutt-orientering, så dette hentet vi fra Norgesglasset (<http://ngis2.statkart.no/norgesglasset/>

Sigmaverdier			
Absolutt orientering		4,6 μm	
Relativ orientering		5,6 μm	
Absolutt orientering			
	X	Y	Z
RMS (m)	1,969	1,380	0,505
Max RES (m)	3,936	2,753	1,274

Tabell 4: Tabellen viser sigma-verdiene fra relativ- og absoluttorienteringen, samt RMS og RES-verdiene fra absoluttorienteringen. Begge deler fra prosjektet hvor de to modellene er slått sammen

default.html[29]), laget av Statens Kartverk. Her kan en måle punkter, som for eksempel hushjørner, lese av høyde på vann og så videre. En legger musemarkøren over objektet en vil måle koordinaten til, og leser av koordinaten. Hvilke kartserier som brukes kommer an på hvor mye en zoomer seg inn, og hva som dekkes i de forskjellige områdene. På plataet er "Norge 1:50 000"-kartserien brukt, mens nede i dalen kunne en zoome seg inn til Økonomisk kartverk. Koordinatene fra økonomisk kartverk (1:5000, NGO-koordinater) ble så transformert til UTM-koordinater med Vesla Geonors V/G-Trans. Koordinatene ble lagt inn som kontrollpunkt i absoluttorienteringen, og målt inn ved å forsøke å finne igjen de samme hushjørner og lignende i flybildet. Dette gir ikke like god nøyaktighet som hvis en hadde hatt gode passpunkter, men så er heller ikke absoluttorienteringen det viktigste når en skal måle forandring i et avgrenset område ved hjelp av bilder fra to tidsepoker. Det er viktigere å ha gode relativorienteringer (Kääb[15]). Bildene fra de to forskjellige årene ble først orientert hver for seg, og det ble brukt så få absoluttorienteringspunkter som mulig, siden punktene fra norgesglasset ikke gir veldig god nøyaktighet. Tilslutt ble modellen fra 1974 og modellen fra 2003 knyttet sammen. Det ble brukt mange sammenbindingspunkter, men ingen i sprekkesonen. Dette fordi vi ikke ville knytte sammen modellene der det er usikkert om det finnes bevegelse. Resultatene etter orienteringene etter sammenlåsingen kan sees i tabell 4. Verdiene sier hvor god modellen er: Sigmaverdi på 5,6 μm i relativorientering er bra, og viser at det er en god modell. 5,6 μm ganger målestokken gir en snittfeil (med vekt 1) i orienteringsparametrene på 8,5 cm.

3.1.2 Terrengmodell

Det ble laget terrengmodeller av modellene fra 1974 og 2003. Terrengmodellene ble laget i programmet Image Station Automatic Elevation fra Z/I Imaging. Programmet baserer seg på matchingsalgoritmen Match-T (avsnitt 3.1.3). Det ble brukt terrengty-

pen “mountainous”, gridstørrelse 5,0 * 5,0 m, og adaptiv parallakse. I tillegg ble det laget avgrensning med collection boundary, for at ikke terrengmodellene skulle bli større enn programmet taklet. Det er vanskelig å lage en god terrengmodell over Børa, mest på grunn av den store høydeforskjellen fra kanten av fjellplatået og ned i dalen, som er på rundt 1000 m. Fjellveggen er meget bratt, og selv om det som trengs mest er en god modell over fjellplatået, trenger en å ha med kanten. Dette fordi vi er interessert i å finne ut om kanten beveger på seg. En må isåfall la avgrensningen gå et stykke ned i dalen for å få med det en vil på ortofotoet. Det ble lagt inn terrenglinjer (“break lines”) langs kanten og rundt de åpne sprekkesonene uten at vi kunne se noen stor forbedring. Dette kan rett og slett skyldes liten erfaring, og at vi kanskje burde hatt enda flere terrenglinjer enn det ble lagt inn. Det er også vanskelig å se akkurat hvor kanten går på bildene, da det er lett å bli lurt av skygge-effekter.

Koter ble generert med programmet Image Station Stereo Display fra Z/I Imaging.

3.1.3 Match-T

Match-T er en matchingsalgoritme som automatisk lager digitale terrengmodeller fra digitale bilder. Algoritmen er en kombinasjon av objektbasert og arealbasert matching. Match-T bruker epipolar geometri på normaliserte bilder for å finne samsvarende punkter i begge bildene. Algoritmen lager en bildepyramide, og fra denne igjen lages en objektpyramide som benyttes når homologe objekter på hvert nivå skal matches for å få 3D-punkter.

Målet for Match-T var å oppnå en nøyaktighet på 0,1% av flyhøyden på under 2 timers prosesseringstid, men nøyaktigheten viser seg å være avhengig av terrengtype (Krzystek[19]). Nøyaktigheten avhenger i tillegg også blant annet av om bildet har en god tekstur, parametervalg, gridstørrelse, bildeoppløsning og radiometriske forhold. Det er mulig å velge mellom forskjellige parametre ved bruk av Match-T. Formålet med å bruke forskjellige parametre er først og fremst å oppnå høyest mulig nøyaktighet gjennom å påvirke systemet til å gjøre best mulige observasjoner og å eliminere flest mulige feil. Noen av parametrene en kan endre på er fargebånd (ved bruk av fargebilder), smoothing filter, adaptiv parallakse og terrengtype.

Videre utdypes terrengtype og adaptiv parallakse.

Terrengtypene en kan velge mellom er “flat”, “hilly” og “mountainous”. De forskjellige terrengparametrene har forskjellige verdier for tillatt stigning og helning, hvilket vil si hvor stor høydeforskjellen kan være fra et punkt til nabopunktet. Størrelsen på referansevinduet er også varierende. I “flat” brukes et mindre referansevindu enn i “hilly” og “mountainous”. Dersom en vet at en har å gjøre med et relativt flatt terreng bør en velge parameteren “flat”, fordi den kun tillater små høydeforskjeller, og grensen for maksimal terrengstigning er satt lavt.

Adaptiv parallakse benytter varierende akseptabel terskelverdi for korrelasjonen i område med henholdsvis små og store parallaksevariasjoner. I områder med store x- og y-parallaksevariasjoner er korrelasjonskoeffisienten liten selv ved korrekte x-parallakser. Dette fordi alle pikslene i vinduet ikke er fullstendig korrelert. Bare når x- og y-parallaksene er like i et referansevindu blir pikslene fullstendig korrelert. Man bør derfor ha en høyere terskelverdi i områdene med små parallaksevariasjoner og lavere terskelverdi i områder med store parallaksevariasjoner.

3.1.4 CIAS

Det ble laget ortofoto av stereomodellene fra 1974 og 2003 basert på terrengmodell. Ortofotone ble laget i programmet Image Station Base Rectifier fra Z/I Imaging, med oppløsning på 0,20 m.

For å finne ut om det er forandring i bildene fra 1974 og 2003 har vi brukt en metode utviklet av Kääb og Vollmer[13] ved Universitetet i Zürich; CIAS. CIAS (Correlation Image Analysis) er et verktøy for å måle bevegelse ved hjelp av to ortofoto over samme område, fra to forskjellige tider. Metoden bruker to trinn:

Først tas et referansevindu i ortofoto fra tid 1. Området i bildet det lages referansevinduet fra må ha tilstrekkelig god kontrast. Referansevinduetts bakkekoordinater er kjent fra ortofotoets geo-referanse. Andre trinn er å finne det korresponderende vinduet i det andre ortofotoet. Det blir opprettet et søkevindu i bilde fra tid 2 hvor referansevinduet flyttes innom alle pikslene og tilslutt regner ut den beste korrelasjonen. Området som får høyest korrelasjon vil direkte gi forskyvning, via differanse i sentralpikslets bildekoordinater, mellom bilde 1 og 2. Metoden er grafisk fremstilt i figur 13. Det blir brukt en dobbel krysskorrelasjons-algoritme for å finne korresponderende referansevinduer i to, eller flere, bilder. Funksjonen er basert på bildenes gråtoneverdier (Kääb m.fl.[13]):

$$\Phi(i, k) = \frac{\sum_j \sum_k s \left[(i + j, k + l) - \left(\frac{T_{test}}{N_{test}} \right) \right] * m \left[(j, l) - \left(\frac{T_{ref}}{N_{ref}} \right) \right]}{\sqrt{\sum_j \sum_k s^2 \left[(i + j, k + l) - \left(\frac{T_{test}}{N_{test}} \right) \right] * m^2 \left[(j, l) - \left(\frac{T_{ref}}{N_{ref}} \right) \right]}} \quad (13)$$

Hvor:

Φ er den doble krysskorrelasjonsfunksjonen

(i, k) og (j, l) er koordinatene innenfor referansevinduet

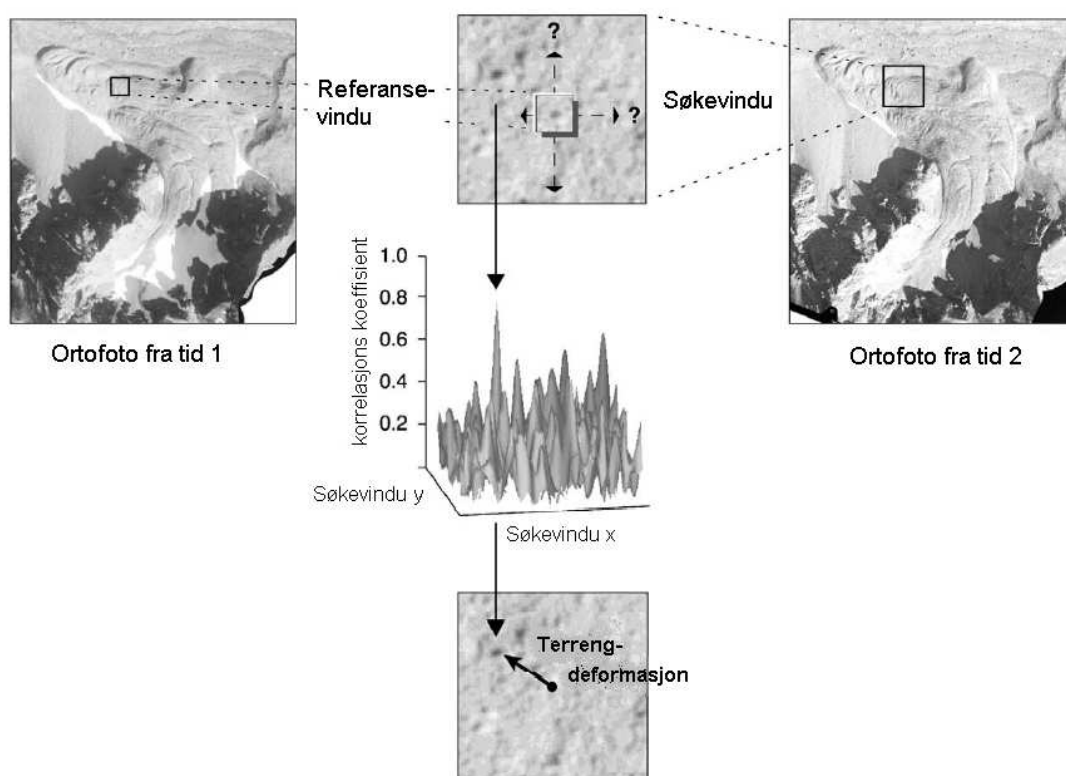
s er den romlige gråtonefunksjonen for søkevinduet

$s(i, k)$ er den korresponderende gråtoneverdien i posisjon (i, k)

m er den romlige gråtonefunksjonen for referansevinduet

$m(j, l)$ er den korresponderende gråtoneverdien i posisjon (j, l)

T er summen av gråtoner for søke- og referansevinduet



Figur 13: Figuren viser prinsippene bak programmet CIAS. Figuren er hentet fra Kääb m.fl.[13] og oversatt.

N er antall piksler i søke- og referansevinduet.

Φ s globale maksimum indikerer forflytning av terrenget i bilde fra tid 1. Uttrykket T/N normaliserer gråtoneverdiene i referanse- og søkevinduet. Dette gjør at store forskjeller i gråtoneverdier mellom de to bildene, som for eksempel skygge - ikke skygge, ikke får fullt så mye å si. En må også passe på å velge en god størrelse på referanse- og søkevinduene. Søkevinduet må være på størrelse med forventet forskyvning i terrenget, slik at en kan finne detaljene fra referansevinduet igjen i søkevinduet. Størrelsen på referansevinduet må bestemmes ut fra de teksturelle karakteristikkene av terrengets overflate. Hvis referansevinduet er for lite vil ikke Φ få noe klart maksimum. Tiden det tar å regne ut Φ øker med størrelsen på referansevinduet. I Kääb m.fl.[13] opereres det med vinduer fra 10×10 piksler til 30×30 piksler.

Nøyaktighet

Metoden er selvsagt avhengig av nøyaktigheten på både terrengmodellen og ortofotoet. Disse er igjen avhengig av nøyaktigheten på stereomodellens orientering. Program-

met kan også måle feilaktige punkter, altså at området med høyest korrelasjon ikke er det samme området i de to bildene. Dette kan forårsakes av for eksempel snødekke, bratte skråninger, og hvis optisk terrengkontrast er lavere enn bildets oppløsning, samt størrelse på referanse- og søkevindu.

Pikselstørrelsen har også sitt å si på nøyaktigheten. Kääb[15] slår fast at nøyaktigheten til metoden skal være i størrelsesorden ca ett piksel (RMS). Det hevdes også at det ikke er algoritmen som begrenser nøyaktigheten, men terrengtilstanden, og eventuell omfattende terrengdeformasjon mellom de to bildene. I følge Kääb[14] er enkelte av problemene mer aktuelle for detektering av bevegelse i fjellområder, blant annet snødekke, som frarøver modellen den nødvendige kontrastriktheten som trengs for stereomodeller, og bratte fjellsider som fører til stor unøyaktighet og reduksjon av informasjonen i bildet. Objekter som skal måles inn må ha en god kontrast, være større enn bildets oppløsning, og være godt bevart mellom de to bildeseriene. Dette er igjen vanskelig i fjellandskap på grunn av is og snødekke, som ved smelting fører til gjentakende terrengdestruksjon.

I tilfeller hvor en leter etter små terrengvariasjoner vil en kunne komme over situasjoner hvor de geometriske forandringene ikke vil overstige metodens signifikansnivå, altså at forandringene er mindre enn nøyaktigheten.

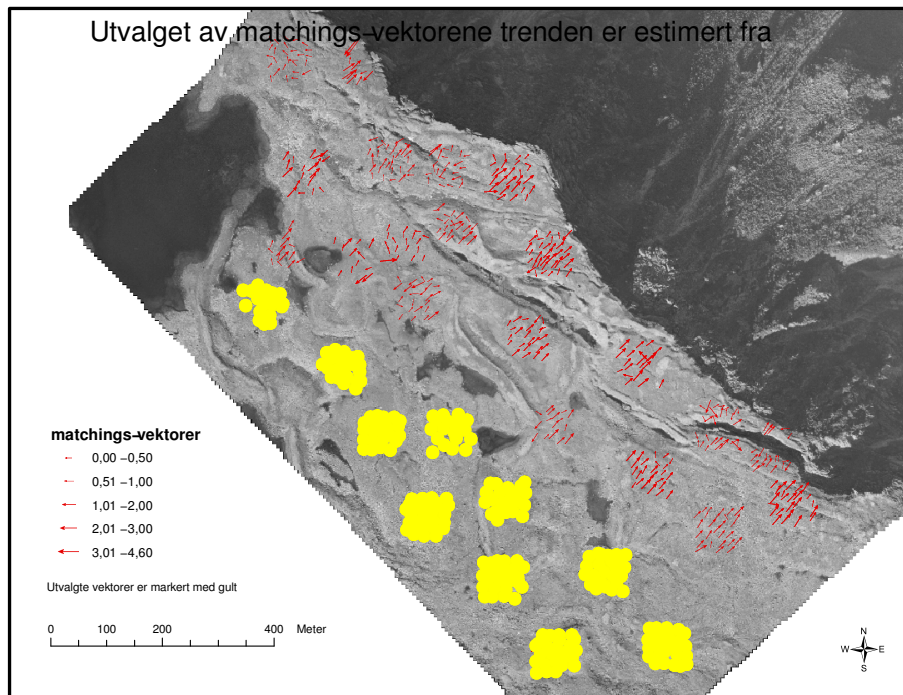
En kan bedre nøyaktigheten på målingene sine ved å for eksempel eliminere punkter som er under en gitt korrelasjonsverdi.

Tekniske detaljer i forbindelse med bruk av CIAS, og videre arbeid

Metoden ble utført to ganger. En gang på bildene med ortofoto fra 1974 og 2003, med sine respektive høydemodeller, og en gang hvor kun høydemodellen fra 2003 ligger til grunn til begge ortofotoene. Dette fordi det viste seg å være store forskjeller i høydemodellene, som vi antar kun skyldes feil i modellene på grunn av mye snø i 1974-modellen. Det ble brukt et referansevindu på 15*15 piksler, og et søkevindu på 50*50 piksler.

Det ble bestemt at vi videre kun skulle jobbe med dataene vi fikk fra matchingen med felles høydemodell. Her ble det matchet 706 punkter. Alle punkter med dårligere korrelasjon enn 0,6 ble eliminert, vi satt da igjen med 538 punkter. Resultatet ble importert i ArcView.

Resultatet viser en bevegelsestrend langt inne på fjellplataet hvor det er svært usannsynlig at det er bevegelse. Dette kan tyde på forskyvninger i ortofotoet siden fjellplataet ligger i ytterkant av alle flybildene. Trenden er da sannsynligvis et resultat av en feil i den relative orienteringen mellom bildene. På grunn av dette ble det regnet ut en trend for et utvalg punkter inne på fjellplataet. Denne trenden ble så trukket fra alle matchingsvektorene. Dette ble gjort ved å ta gjennomsnittet av δX og δY , for



Figur 14: De gule punktene viser utvalget for trendberegningen.

så og regne ut ny retning og hastighet. Utvalget utgjorde 257 punkt, og kan sees i figur 14. Av de utvalgte punktene ble de med dårligere korrelasjon enn 0,6 tatt ut, og kun punkter med retning innenfor 280° - 340° (ut mot kanten) ble beholdt da det var innenfor dette spennet trenden så ut til å ligge. Vi stod da igjen med 124 punkt som trenden er regnet ut fra. Trenden ble tilslutt trukket fra alle de 706 punktene.

3.2 GPS

Arbeidet med å måle forandringer på Børa ved hjelp av GPS tok til allerede i 1999. På oppdrag fra fylkesgeolog i Møre og Romsdal, Einar Anda, målte vegvesenet inn 9 punkter. Disse ble målt om igjen i 2000 og 2001. Målingene fra 2000 ble av forskjellige grunner så dårlige at de ikke kan brukes. Samarbeidet mellom Universitetet i Oslo, Norges Geologiske Undersøkelser og fylkesgeologen i Møre og Romsdal førte til at punktene ble målt om igjen i 2003 og 2004. GPS-målemetoden som er brukt er relativ statisk GPS.

Det ble også nivellert over to strekninger, mellom punktene B6 og B7, og over en åpen sprekk rundt B8.

3.2.1 Relativ statisk GPS

Man måler med relativ GPS når man har minimum to mottakere, den ene i ett (eller flere) kjente punkt, og en (eller flere) i punkter som skal bestemmes. Ved å bruke dobbeltdifferanse kan man velge en satellitt til å være en referansesatellitt, og differanser dannes så relativt til denne. Man vil da få et likningssett med følgende ukjente (Øvstedal[34]):

Koordinater for ukjent punkt: $3(x,y,z)$

Heltallsukjente: $n-1$

Sum ukjente: $3+n-1 = 2+n$

Hvor n er antall satellitter, det blir $n-1$ satellitter fordi referansesatellitten trekkes fra.

I tillegg har en følgende observasjoner:

Opphavelige observasjoner i to stasjoner: $2n$

Enkeltdifferanse (mellom stasjoner): n

Dobbeltdifferanse (mellom stasjoner og satellitt): $n-1$

Hvis en så har en mottaker i et kjent punkt, og en i et ukjent, og måler til fire felles satellitter, vil likningssystemet ikke la seg løse ($n=4$):

Antall ukjente: $2 + n = 6$

Dobbeltdifferanseobservasjoner: $n - 1 = 3$

Selvom antall satellitter økes vil likningssystemet fortsatt ikke la seg løse. Løsningen er å måle ved to tidspunkt t_1 og t_2 . Det gir:

Antall ukjente: $2 + n = 6$

Antall dobbeltdifferanseobservasjoner: $2(n-1) = 6$

En økning av n og/eller observasjoner gir overbestemmelser. I stedet for å kun måle ved to tidspunkter, vil man med relativ statisk GPS la mottakeren stå i ro og logge data med bestemte tidsintervall, til satellittgeometrien har endret seg slik at skjæringen mellom avstandsobservasjonene blir god. En trenger i prinsippet kun målingene i begynnelsen og slutten av måleprosessen, men bruker de overskytende målingene til å jevne ut resultatet ved bruk av minste kvadraters metode, samt for å sikre seg mot fasebrudd.

Nøyaktighet

Metodens forventede nøyaktighet er, blant annet i følge Statens Kartverk[16], 5mm + 1ppm¹. Dette er avhengig av en rekke ting, blant annet nøyaktighetskravet til koordinatene som skal bestemmes, mottakertype og satellittgeometri. Det er også avhengig av vektorens lengde. Jo lengre vektor som skal måles, jo lengre tid må en bruke på målingene. I relativ måling stilles alltid en mottaker opp i et kjent punkt, og siden punktet er kjent, og satellitten er kjent, vil den heltallsukjente være kjent. Jo kortere avstand det er mellom det kjente og det ukjente punktet, jo likere vil den heltallsukjente til det kjente og det ukjente punktet være. Lengre avstand mellom de to punktene på bakken vil føre til at den heltallsukjente blir mer og mer forskjellig fra det kjente punktet. Derfor behøves lengre måleperiode, for å få flere observasjoner slik at det ukjente punktet kan bli godt bestemt. For å få dette til er man uansett avhengig av hele tiden å måle til felles satellitter (minimum fire). I følge Statens Kartverk[16] er det mest vanlig å benytte datainnsamling med et tidsintervall på 10-30 sekunder og en elevasjonsvinkel som på det laveste er 10-20 grader over horisonten, samt fra 20-120 minutters observasjonstid. De opererer også med en øvre grense for vektorer på 50 km ved tofrekvente mottakere, og 10 km ved enfrekvente mottakere.

En annen viktig feilkilde en må være klar over, er antennehøydefeil. Denne feilen vil ikke bli oppdaget i hverken differensiering eller prosessering da avstanden som faktisk blir målt er avstand fra satellitt til antennesenteret. Ikke alle antenner har antennesenteret på midten av antenna, men så lenge riktig antenne-type blir lagt inn i etterprosesseringsprogramet blir dette tatt hensyn til i prosesseringen. Har en derimot målt feil antennehøyde vil ikke dette bli fanget opp noe sted, og det vil ikke legges merke til før en eventuelt sammenligner målingene med andre målinger. Selvom feilen ikke fanges opp i differensiering eller prosessering vil antennehøydefeil absolutt bidra til galt resultat. Antennehøyden oppgis i etterprosesseringsprogrammet, slik får en høyden på bakken og ikke på antennesenteret. I utjevning vil en antennehøydefeil være med på å skape tvang og feil også på de andre koordinatene.

¹parts per million = mm pr km

3.2.2 Vegvesenets målinger

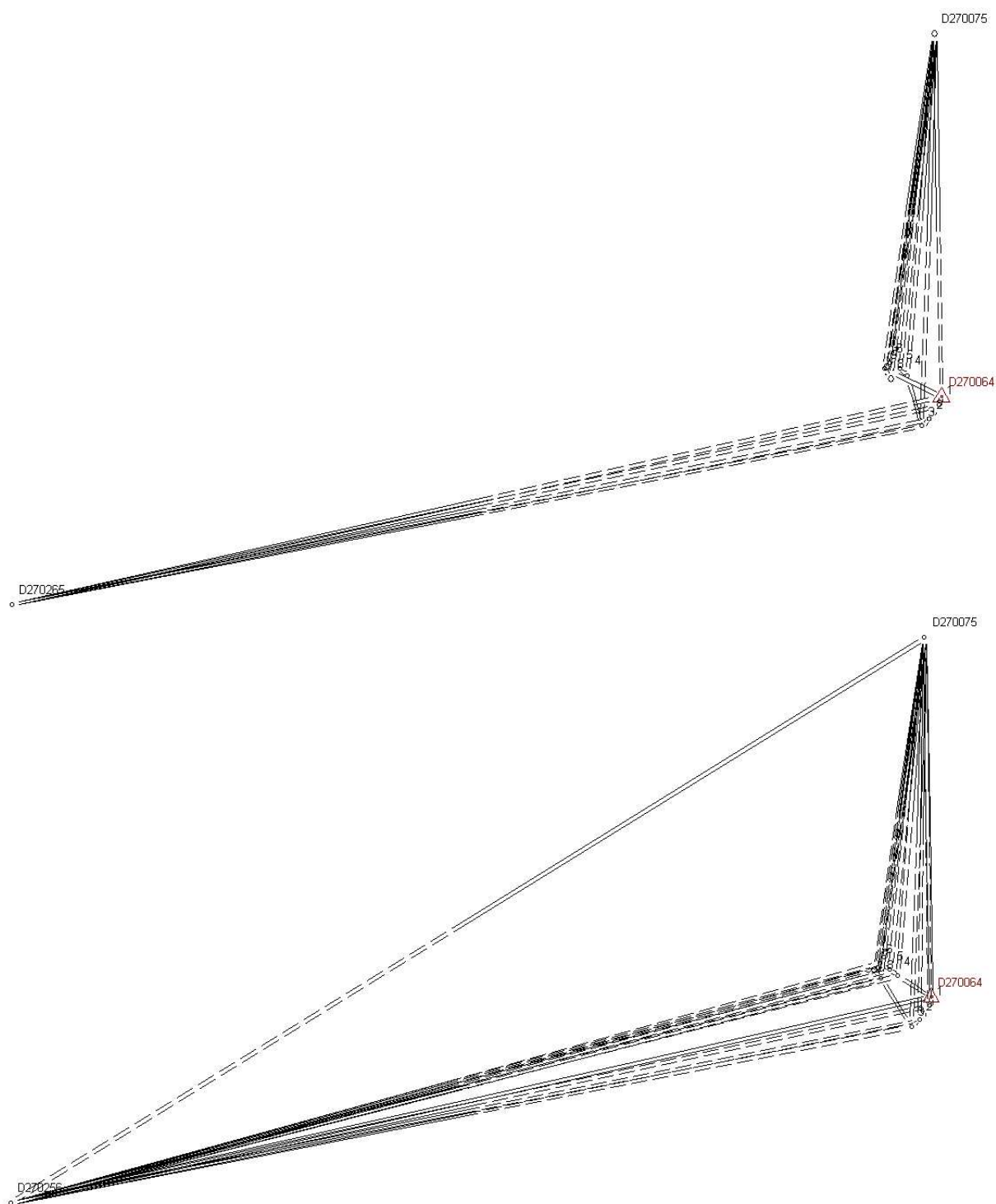
Vegvesenets målinger er gitt ut i to rapporter; "Prosjekt: Utglidning Børa, GPS-måling"[22] og "Prosjekt: Utglidning Børa, GPS-måling 2001"[23]. Det er begge år målt med statisk differensiell GPS², uavhengige vektorer, og vektorene er målt i mellom 20 min og 1,5 time avhengig av lengde på vektoren, og satellittgeometri. Boltene er av en slik art at det må brukes stativ.

I 1999 ble det målt 9 nye polygonpunkt (1-9), i tillegg ble D27T0064 (senere i oppgaven omtalt som TP) nyberegnet. Punktene ble bestemt i samråd med fylkesgeolog Einar Anda, og kan sees i figur 17. Punkt fra stamnettet/landsnettet ble brukt som grunnlag. Til prosessering ble Ski Software, versjon 2.3, brukt, og i utjevninga ble Vesla/Geonor, versjon 10.3, brukt. Vektornettet kan sees i figur 15. Figur 16 viser et utsnitt av vektornettet, zoomet inn på punktene, og vektorene mellom punktene. Alle punktene ble godt bestemt, og hadde punktmiddelfeil på under 1 cm. D27T0064 ble sammenlignet med målinger av punktet fra 1963, hvilket viste forskjeller fra 1,5 cm til 3,3 cm. Nøyaktigheten på målingene av punktet i 1963 var dog på 5-15 cm. Rapporten konkluderer med at ingenting drastisk er i ferd med å skje på Børa. Vegvesenets middelfeil på koordinatene fra 1999 er i grunnriss mellom 2 og 5 mm og i høyde fra 6 til 9 mm. Punktene ble målt omigjen i 2001. Prosessering ble gjort med Ski-pro Software versjon 2.0 og utjevning ble gjort i V/G-land versjon 11.20. Alle punktene ble godt bestemt, og hadde mindre enn 1 cm i punktmiddelfeil både i høyde og grunnriss. Sammenligning med punktene fra 1999 indikerte at fjellet hadde beveget seg 1-2 cm. Rapporten konkluderer med at det bør gjøres flere målinger på Børa før en kan komme til en fullverdig konklusjon. Middelfeilen på koordinatene fra 2001 er i grunnriss fra 3-4 mm og i høyde 5-8 mm.

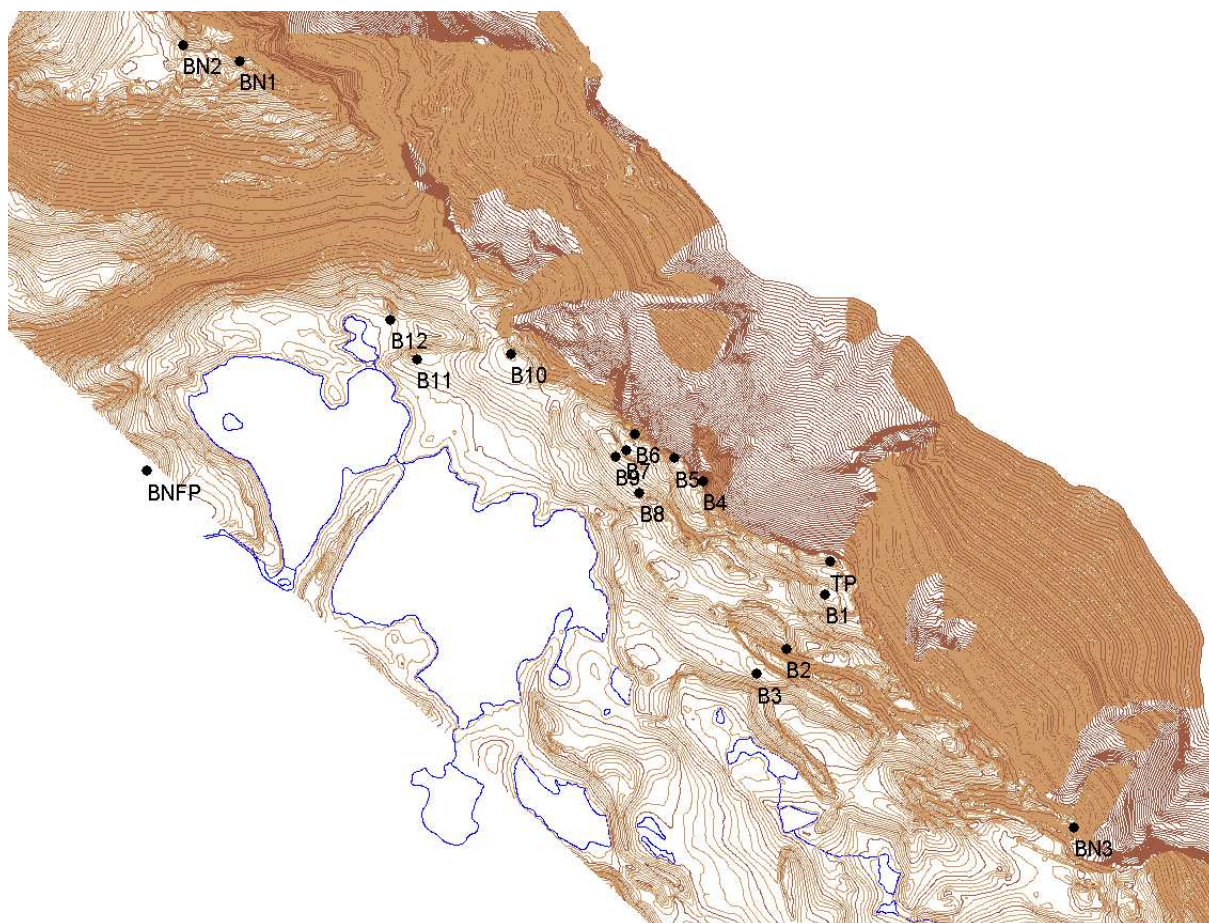
3.2.3 Målinger i 2003 og 2004

I løpet av feltarbeid i august 2003 og august 2004 målte vi vegvesenets punktnett om igjen. I tillegg ble det lagt til noen nye punkter. Det ble i 2003 målt 14 punkter, og i 2004 ble det målt 17. Oversikt over alle punktene finnes i figur 17. Det ble målt lukkede polygoner hvor TP ble satt som kjent. I tillegg ble det etablert et nytt fastpunkt langt inne på fjellplataet (punkt BNFP (Børa Nytt FastPunkt)), for å ha et fastpunkt vi var temmelig sikre på ikke er i bevegelse. Vektorene ble målt ca en halvtime hver, med loggeintervall på fem sekunder. Kun en vektor er noen få meter over en kilometer. Det ble satt ned en ny type bolter i de nye punktene, en type skrubolt som gjør at en kan skru trefoten rett på bolten, og således slipper stativ.

²Dette er en terminologi, brukt i vegvesenets rapporter([22],[23]), som vanligvis brukes om kodemåling. Metoden er i resten av oppgaven omtalt som relativ statisk GPS



Figur 15: Figuren viser hele vegvesenets vektornett fra 1999 (øverst) og 2001.



Figur 17: Figuren viser en oversikt over alle GPS-punktene som har blitt målt på Børa. Vegvesenet målte punkt 1 til 9 + TP, i 2003 ble også 10 til 12 + BNFP målt inn, og i 2004 ble i tillegg BN1, BN2 og BN3 målt inn. Kartet i bakgrunnen er laget for NGU.

Det ble i 2003 brukt 3 antenner av typen JPSLEGANT_E, i 2004 ble det brukt fire antenner av typen TPG-A1. Mottakerene som ble brukt i 2003 er av typen TPS Legacy. De samme ble brukt i 2004, da ble det også lånt en mottaker fra Norges Landbruks-høyskole, TPS EGGD. Mottakerene er tofrekvente, og tar også inn GLONASS satellitter³.

Prosessering og utjevning

Prosesseringen ble gjort i programmet Pinnacle versjon 1.0 fra Topcon. TP ble satt som kjent, med koordinat fra Norgesglassets[29] fastmerkeregister. Utjevning av vektornettet ble gjort i programmet V/G-Land versjon 11.37 fra VeslaGeonor. Vektorene fra 2003 ble først jevnet ut med TP som fastpunkt, fra dette ble det jevnet ut en koordinat til BNFP. Denne koordinaten ble så brukt som fastpunkt for utjevning av vektornettet både i 2003 og 2004. Dette ble gjort fordi TP ligger i området en tror beveger seg. Punktene ble godt bestemt, og har god nøyaktighet. Punktmiddelfeilen i 2003 ligger på 1 mm i grunnriss og 2-3 mm i høyde. I 2004 er den 0-1 mm i grunnriss og 1-2 mm i høyde. Vektornettet for 2003 og 2004 finnes i figur 18.

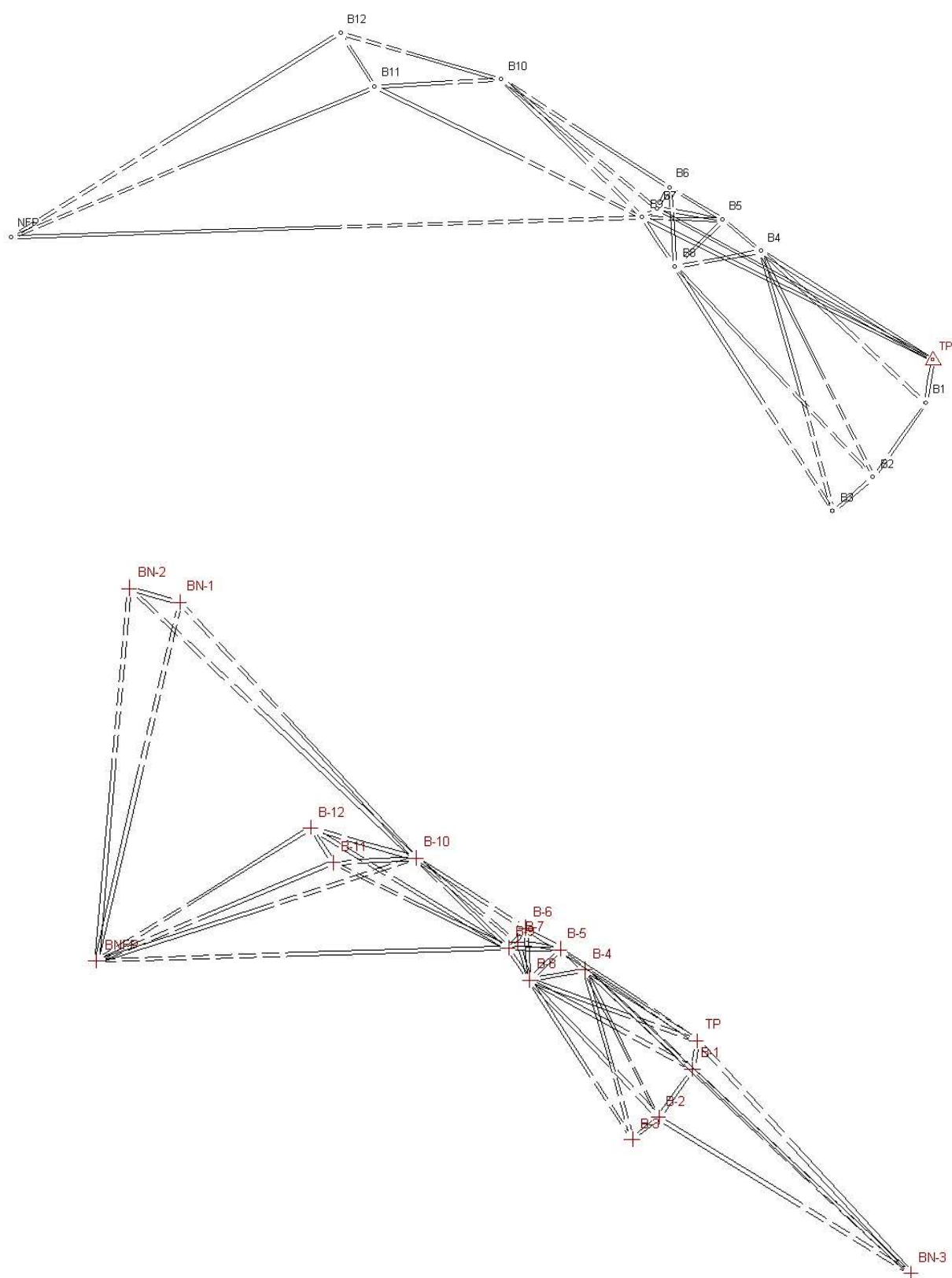
3.2.4 Sammenligning av vektorer og koordinater

For å kunne detektere forandringer på fjellplatået ved hjelp av GPS-målinger er det sammenlignet koordinater og vektorer fra målingene de forskjellige årene. Fra vegvesenet fikk vi utlevert alt datamateriell fra deres målinger, og dette ble brukt til å prosessere og jevne ut dataene på nytt med TP som fastpunkt slik at grunnlaget for sammenligning er så likt som mulig. Punktmiddelfeilen viser nogenlunde de samme verdiene for 1999, mens for 2001 vises en forbedring i vår nye prosessering.

Koordinater ble sammenlignet ved å subtrahere målinger fra to og to år. Målingene fra 1999, 2001, 2003 og 2004 ble sammenlignet, det ble i tillegg gjort en sammenligning av målingene fra 2003 og 2004 med BNFP som fastpunkt.

I tillegg til å sammenligne koordinater ble også felles vektorer sammenlignet. Vegvesenet har et vektornett svært forskjellig fra målingene fra 2003 og 2004, og det er ikke mange felles vektorer. Vektorer som er felles, men prosessert forskjellig vei er snudd og sammenlignet. Sammenligning av koordinater viser om punktene er flyttet fra år til år, mens sammenligning av vektorene viser punktenes "vandring" i avstand og retning, og kan således gi et klarere bilde av hva som skjer, punktene imellom, på Børa. Sammenligning av koordinater skjer på grunnlag av utjevnete koordinater, hvor feil i en vektor vil kunne påvirke andre koordinatpunkt, mens direkte sammenligning av vektorer kun gir forskjell punkt - punkt.

³GLONASS er et russisk satellittnavigasjonssystem som fungerer på samme måte som GPS. Systemet har i dag 11 fullt operative satellitter, og skal når systemet står ferdig ha 24 satellitter fordelt på tre banerplan.



Figur 18: GPS-vektornettet fra 2003 (øverst) og 2004.

3.2.5 Grunnlagstest og AvVektor

For å verifisere endringene ble det brukt to metoder, grunnlagstest i V/G-land og AvVektor.

Hvis en har forsikret seg om at det ikke finnes grove feil i observasjonsmaterialet kan en ved hjelp av en **grunnlagstest** i V/G-land sjekke om målingene stemmer overens med det eksisterende grunnlaget. Ved innpassing av målingene i et eksisterende grunnlag kan en altså sjekke om observasjonene vil avdekke feil i grunnlaget, og hvis så er tilfelle vil testen gi svar på hvilket punkt i nettet som er feil. Det grunnlagstesten i hovedsak gjør er å sjekke om feilkvadratsummen eller middelfeilen på vektsenheten vokser urovekkende mye fra en fri til en tvungen utjevning. Hvis grunnlagstesten konkluderer med at det er tvang i nettet, vil lokalisering av galt punkt begynne. Ett og ett punkt slippes løs, det gjøres en tvungen utjevning, og programmet noterer seg reduksjonen i feilkvadratsummen. Det punktet som reduserer feilkvadratsummen mest er grunnlagspunktet som mest sannsynlig er galt.

I vårt tilfelle ble grunnlagstesten brukt til å sjekke om den fant punkter som var signifikant forskjellige fra de to målingene. Vi testet målingene fra 2004, mot målingene fra 2003 som utgjorde det eksisterende grunnlaget. Testene ble utført på 95% signifikansnivå. Ble det funnet et punkt som var signifikant forskjellig ble dette punktet satt som utjevnet (vi startet med å sette hele nettet, bortsett fra de punktene som kun er målt i 2004, som ikke utjevnet), en ny utjevning ble foretatt, så ble grunnlagstesten utført igjen. Dette ble gjentatt til testen ikke slo ut med punkter som var signifikant forskjellig.

AvVektor er et system til analyse og presentasjon av vektorer i bevegelse, laget av Arnleif E. Bjørnstad[4] i forbindelse med hans hovedoppgave ved Universitetet i Oslo. Systemet implementeres i programmet ArcView, og brukes derfra. AvVektor lager en feilellipse for vektorene, ved hjelp av verdier for middelfeil i x-, y-, og z-retning, samt korrelasjon. Disse nøyaktighetsverdiene importeres fra V/G-Land.

En vektors nøyaktighet er en kombinasjon av endepunktens nøyaktighet. I AvVektor overføres nøyaktighetsmålet for punktene til vektoren mellom dem. I tilfeller hvor avstanden mellom de to punktene er liten er det vanskelig å si om det ene punktet virkelig har flyttet seg, eller om det hele er et utslag som er mindre enn målemetodens nøyaktighet. For å løse problemet med tilsynelatende bevegelse setter AvVektor en grense med hensyn til sannsynligheten for at denne grensen overskrides ved en tilfeldighet. AvVektor lager nøyaktighetsellipser for bevegelse i grunnriss, og nøyaktighetspiler for bevegelse i høyde.

3.2.6 Nivellement

Metoden nivellement brukes for å finne høydeforskjellen mellom to (eller flere) punkt. Det lages et horisontalt sikteplan som en måler høydedifferansene i forhold til. Dette gjøres ved å skape en horisontal siktelinje som koples til loddretningen i punktene. Måleteorien kan, i følge Eiken[8], summeres slik:

- metoden gjelder for korte siktelinjeavstander
- metoden ser bort fra jordkrumming ved at siktelinjene er mindre enn 100 meter
- metoden ser bort fra refraksjon da en regner med at lysstrålene er rette på slike korte avstander.
- ved like sikteavstander elimineres feilene, og nøyaktigheten på metoden blir på under 1 mm.

Nivellementsmålingene

Det ble målt nivellement over to strekninger alle tre gangene vi var på Børa. Oversikt over de to strekningene kan sees i figur 19. Det ble da brukt et digitalt nivellerinstrument, Leica NA3003, med kompensator. Digitale nivellerinstrument gjør avlesninger på nivellerstanga automatisk, ved hjelp av strekkoder. Det ble målt med midtsikt hvor nivellerstanga ble plassert i punktene og det ble målt frem og tilbake.

Juni 2003:

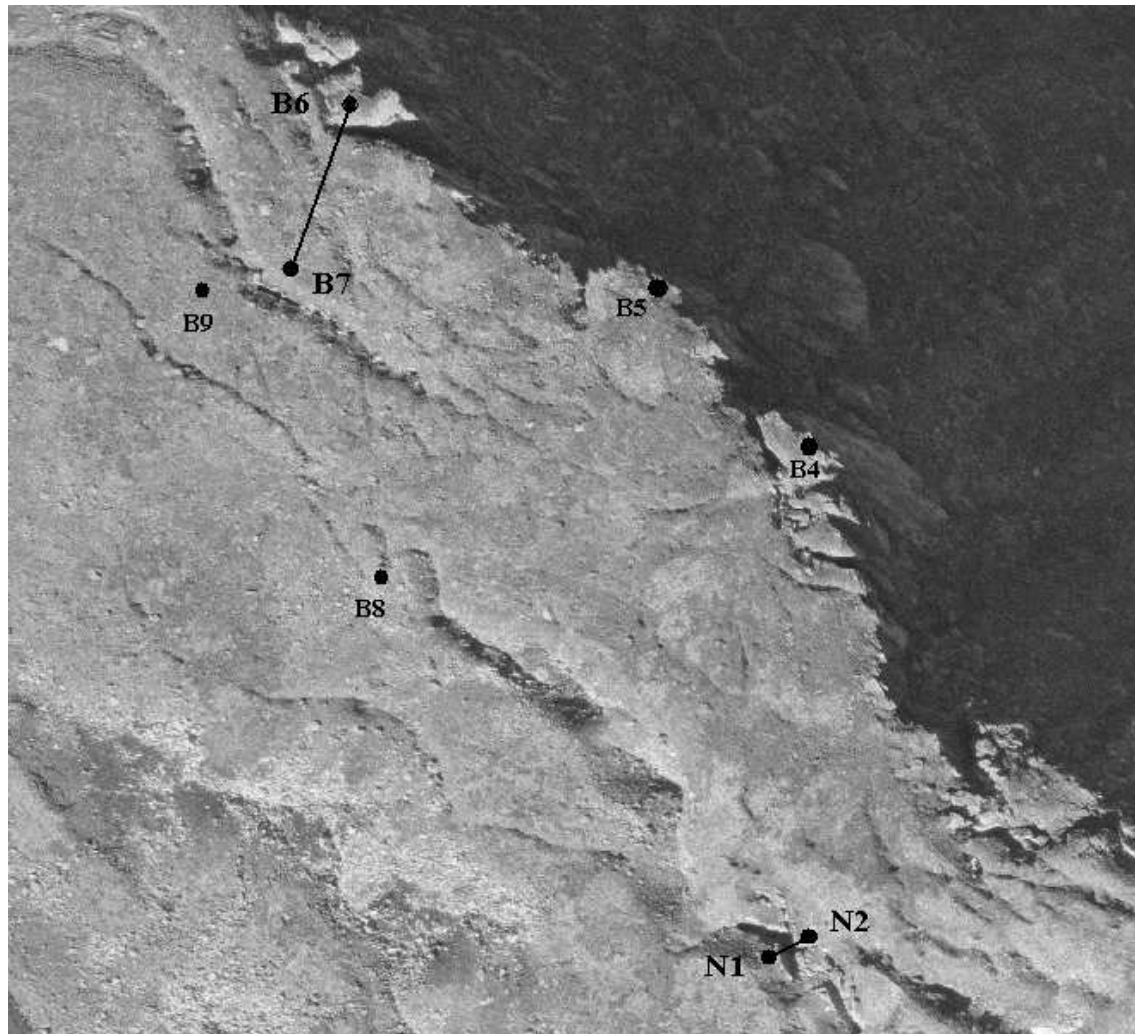
Det ble bestemt å måle over to strekninger. Vi fikk ikke satt ned nye bolter på grunn av defekt drill, og endte opp med å måle de eksisterende boltene på punktene B6 og B7. I tillegg målte vi over en åpen sprekke hvor vi tok digitale bilder av nivellerstangas plassering til bruk for senere målinger.

August 2003:

De to strekningene ble målt på nytt, og mellom N1 og N2 ble nivellerstanga ble plassert på bakgrunn av bildene fra juni.

August 2004:

Det ble foretatt målinger på nytt av begge strekninger. I tillegg ble det satt ned bolter for videre nivellering senere år. Strekningen over sprekken ble målt både med og uten bolt, men kun målingene uten bolt kan sammenlignes med tidligere års målinger.



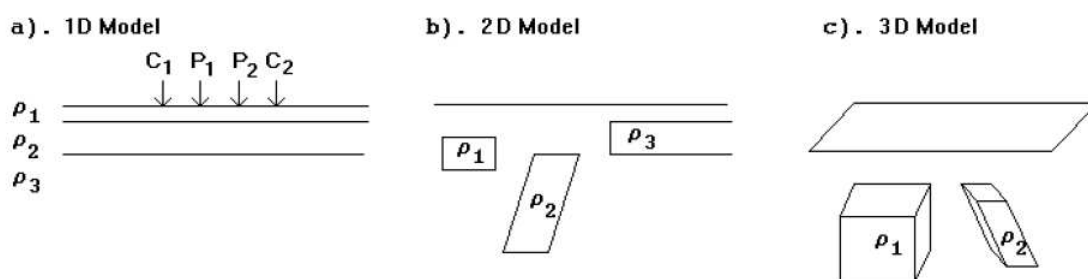
Figur 19: Her vises de to strekningene det er nivellert over. Det ble nivellert mellom punkt B6 og B7, og mellom punkt N1 og N2. De resterende punktene er GPS-punktene i området. N1 og N2 er på hver sin side av en åpen sprekk. Denne åpningen er i forlengelsen av det store sprekkesystemet, som åpner og lukker seg hele veien over platået.

3.3 Geoelektrikk

Under feltturen i august 2003 ble det utført geoelektrikkmålinger på Børa. Målingene ble planlagt og utført av Einar Dalsegg fra Norges Geologiske Undersøkelser. Det ble brukt 2D geoelektrikk med Wenner-konfigurasjon. Målingene ble oversendt til oss, og regnet på i programmet RES2DINV.

3.3.1 2D geoelektrikk

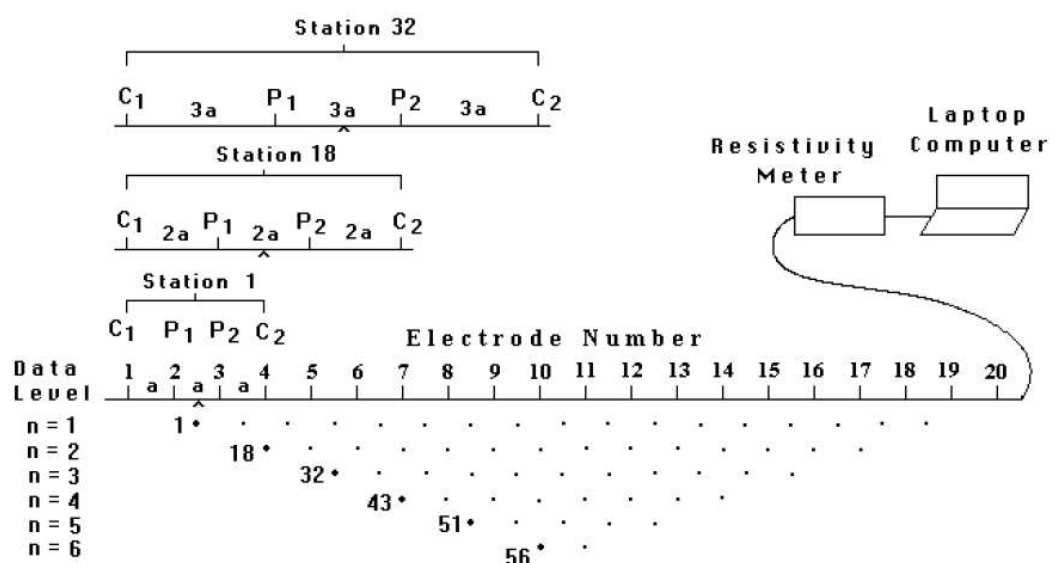
Ved bruk av 2D geoelektrikk vil resultatet bestå av et profil som kan detektere variasjoner i resistivitet både horisontalt langs med kabelen, og vertikalt ned i bakken, se figur 20. Det brukes en kabel og en rekke med elektroder. Elektrodenes plasseres



Figur 20: Figuren viser forskjellen på 1D, 2D og 3D geoelektrikk. 1D geoelektrikk finner horisontale forskjeller i resistivitet, 2D finner også vertikale forskjeller, mens 3D finner objekter. Figuren er hentet fra Loke[20].

langs kabelen med jevne mellomrom, og under måling skifter elektrodene på å være strømførende og målende. En datamaskin passer på skiftene, som blir ført hele veien langs kabelen til siste elektrode. Datamaskinen passer på at avstanden mellom elektrodene er den samme hele veien. Når systemet kommer til enden av kabelen, økes avstanden mellom parene, og systemet sendes tilbake langs kabelen for å øke måledybden, se figur 21. Strømmen som tilføres bakken tilføres via elektroder. Disse er enten av stål eller kobber og plantes godt ned i bakken, for så å kobles til kabelen. Måling av potensialet gjøres også av elektroder, det er de samme elektrodene, datamaskinen flytter systemet av strømførende og målende elektroder bortover kabelen. De målende elektrodene er som regel alltid plassert i midten mellom de strømførende (<http://www.geophysics.co.uk/mets2.html>[30]).

Hvor dypt metoden rekker avhenger av den fysiske avstanden mellom elektrodene samt antall elektroder i rekka. For en rekke med 64 elektroder og en avstand på 2 meter mellom hver elektrode vil metoden nå ned til ca 20 meter (<http://www.geophysics.co.uk/mets2.html>[30]).



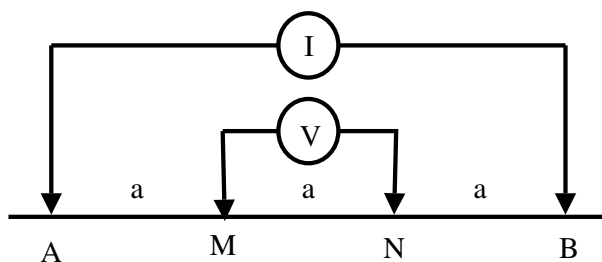
Figur 21: Figuren viser en måling med Wenner-diagram i et system med 20 elektroder. Avstanden mellom tilstøtende elektroder er *a*. For første måling brukes elektrode 1,2,3 og 4. 1 og 4 er strømførende, 2 og 3 er målende. Ved neste måling flyttes systemet til elektrode 2,3,4 og 5, og slik fortsettes det helt til de siste elektroder, 17,18,19 og 20. Etter å ha gjort ferdig en sekvens med *1a*-mellomrom mellom elektrodene, fortsettes det med *2a*-mellomrom. Ved første måling brukes da elektrode 1,3,5 og 7. Figuren er hentet fra Loke[20].

Rådataene blir konvertert til foreløpig resistivitet ved hjelp av en geometrisk faktor som er bestemt av elektrodekonfigurasjonen. Ved 2D-geoelektrikk er det vanlig å bruke Wenner-konfigurasjon.

Forholdet mellom foreløpig resistivitet og "ekte" resistivitet er komplekst. For å finne den ekte resistiviteten må det til en invertering av den foreløpig resistiviteten, som blir regnet ut på grunnlag av målingene. Dette gjøres i en datamaskin. Programmet RES2DINV lager en 2D-modell av målingene ved å dele de inn i rektangulære blokker. Deretter bestemmes det en resistivitet for blokkene, slik at de kalkulererte forløpige resistivitetene stemmer overens med de målte verdiene. Tilslutt brukes minste kvadraters invertering til å regne ut den riktige resistiviteten for hver blokk.

3.3.2 Wenner-konfigurasjon

I en Wenner-konfigurasjon er strømelektrodene lokalisert på posisjonene A og B, og elektrodene som måler potensialet på M og N (jamfør figur 22). Figur 23 viser sensitivitetsfunksjonen til Wenner-konfigurasjonen i en homogen jordmodell. Figuren viser at Wenner er relativ sensitiv for vertikale skiller under systemets senter. Wenner er således god til å detektere vertikale skiller i bakken, men dårligere på horisontale skiller



Figur 22: Grafisk fremstilling av et Wenner-diagram.

(Loke[20]). Wenner-konfigurasjonen har, til sammenligning med andre konfigurasjoner, kun moderat dybde. Signalstyrken er invers proporsjonal til den geometriske faktoren brukt til å beregne den foreløpige resistiviteten. For Wenner er denne geometriske faktoren: $2\pi a$. Denne faktoren er mindre i forhold til andre konfigurasjoner, men Wenner-konfigurasjonen har den sterkeste signalstyrken (Loke[20]). Dette har mye å si hvis området en måler i inneholder mye bakgrunnsstøy.

Formlen for foreløpig resistivitet med Wenner-konfigurasjon blir således:

$$\rho = \frac{V}{I} * (2\pi a) \quad (14)$$

Her er:

ρ resistiviteten

V målt spenning

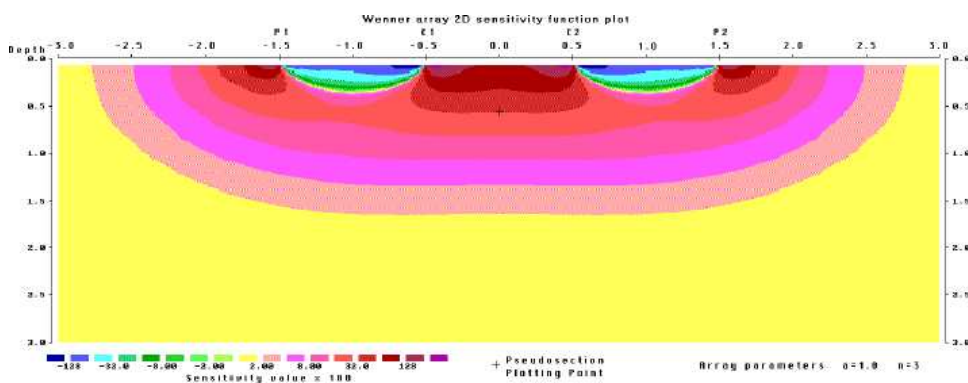
I intensiteten på strømmen som tilføres

a avstanden mellom elektrodene, jamfør figur 22

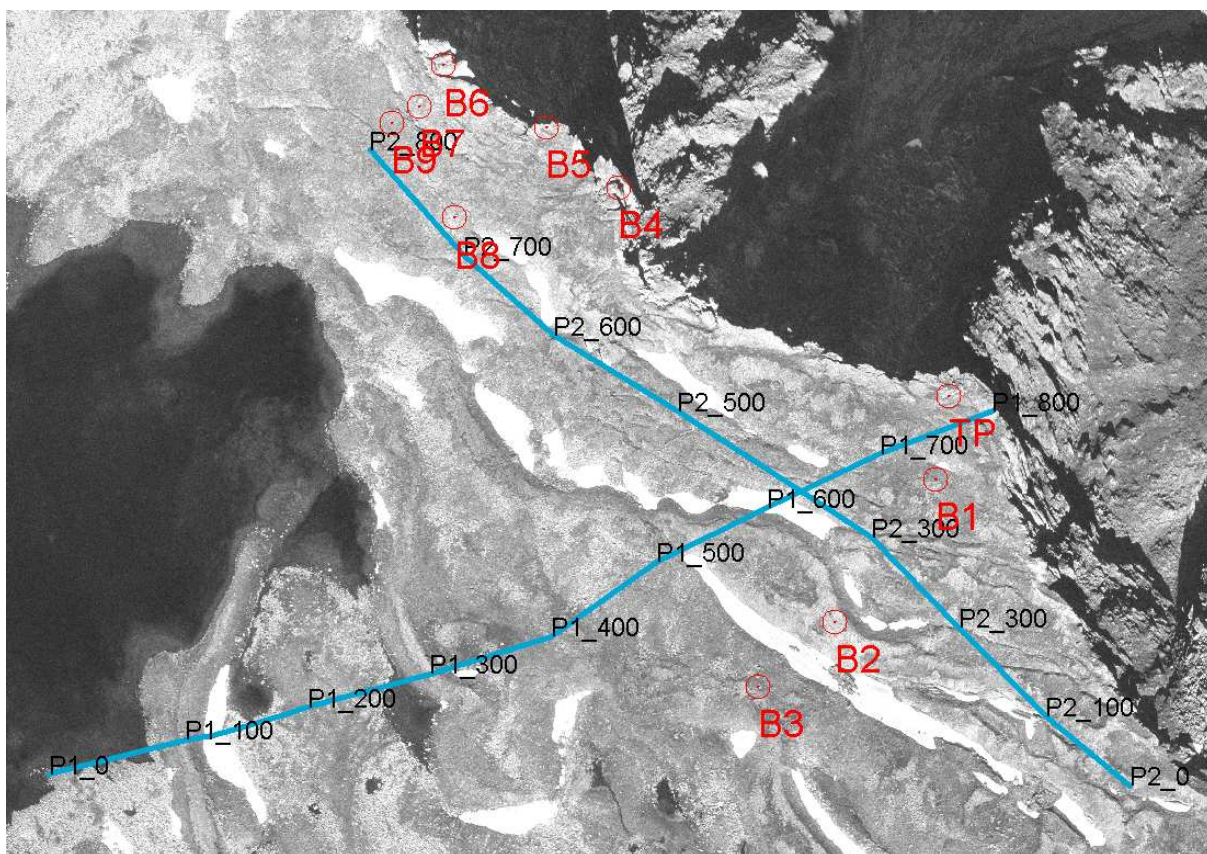
På en ikke homogen overflate vil ρ avhenge av a og dens posisjon på overflata. Spenningen er avhengig av strømmen og avstanden på elektrodene. I et homogent materiale vil strømmens penetreringsdybde øke med økt avstand mellom de strømgivende elektrodene. Elektrodene må derfor plasseres slik at strømmen når ønskede dybder. Dette begrenser målingene på grunn av kabellengder og batterikapasitet. I følge Kearey m.fl.[17] kan man, med normalt utstyr, nå ned til 1 km, men da trengs store mengder kabel. Med 800 m kabel, og elektroder hver 10 meter når en ned ca 120 m. Økt avstand mellom elektrodene gir også økt feil i den foreløpige resistansens (http://appliedgeophysics.berkeley.edu:7057/dc/dcem_bar.html [27]).

3.3.3 Målingene på Børa

Under geoelektrikkmålingene på Børa ble det laget to hovedprofiler. Begge på 800 meter. Profilenes plassering i terrenget kan sees i figur 24. Profilet på tvers av sprekk-



Figur 23: Figuren viser hvordan sensitivitetsfunksjonen til Wenner-konfigurasjonen sprer seg i en homogen jordmodell. Hentet fra Loke[20].



Figur 24: Geoelektrikkprofilene, samt de fleste GPS-punktene. De to profilene går på tvers og på langs av sprekkesonen (som er snødekte på ortofotoet).

kesonen ble brukt til målinger av tre profiler fra kanten og innover: ett på 200 meter, med en elektrodeavstand på 2 meter, og ett på 400 meter, med en elektrodeavstand på 10 meter, i tillegg til profilet på 800 meter. Her var elektrodeavstanden 10 meter. For å få god bakkekontakt ble det satt ut tre elektroder for hvert målepunkt. Det var planlagt et profil til på tvers av sprekkesonen, litt lengre mot nord, men fordi vi ble en dag forsinket opp på fjellet ble det ikke tid.

Wenner ble brukt som elektrodekonfigurasjon. Under etterprosesseringen ble programmet RES2DINV, versjon 3.4 fra Geomoto Software, brukt til å invertere måleresultatene vi fikk oversendt fra NGU. Minste kvadraters invertering ble brukt som inversjonsmetode. Det ble eksperimentert med blant annet dempningsfaktor og smoothing-filter uten at det ga noen store forandringer i hovedtrekkene. Profilene ble tilslutt laget med standardinnstillingene til programmet, men med en felles logaritimisk skala for resistivitetsverdiene. Denne felles skalaen ble laget med utgangspunkt i hva vi regnet med var resistivitetsverdien for berggrunnen. Denne verdien ble funnet på bakgrunn av profilet på langs av sprekkesonene, som hadde liten endring i resistivitetsverdiene. Topografi ble lagt på, og profilene ble snudd slik at høyre side representerer fjellkanten ned mot dalen.

4 Resultater og diskusjon

I dette kapitlet vil resultatene fra de tre metode-delene bli presentert og diskutert. Fotogrammetriresultatene består av matchingsvektorer fra CIAS-matchingen. GPS-resultatene er vektor- og koordinatsammenligning, samt nivellerdata, AvVektorresultater og grunnlagstestresultatene. Resultatet fra geoelektrikken er fire profiler fra Børaplatået.

4.1 Fotogrammetri

Digital fotogrammetri er i denne oppgaven tatt i bruk for å se etter bevegelser over en lengre tidsepoke enn noen få år. Bildene som er brukt er fra 1974 og 2003. Dette skulle gi anledning til å detektere eventuell bevegelse i løpet av en 30-årsperiode.

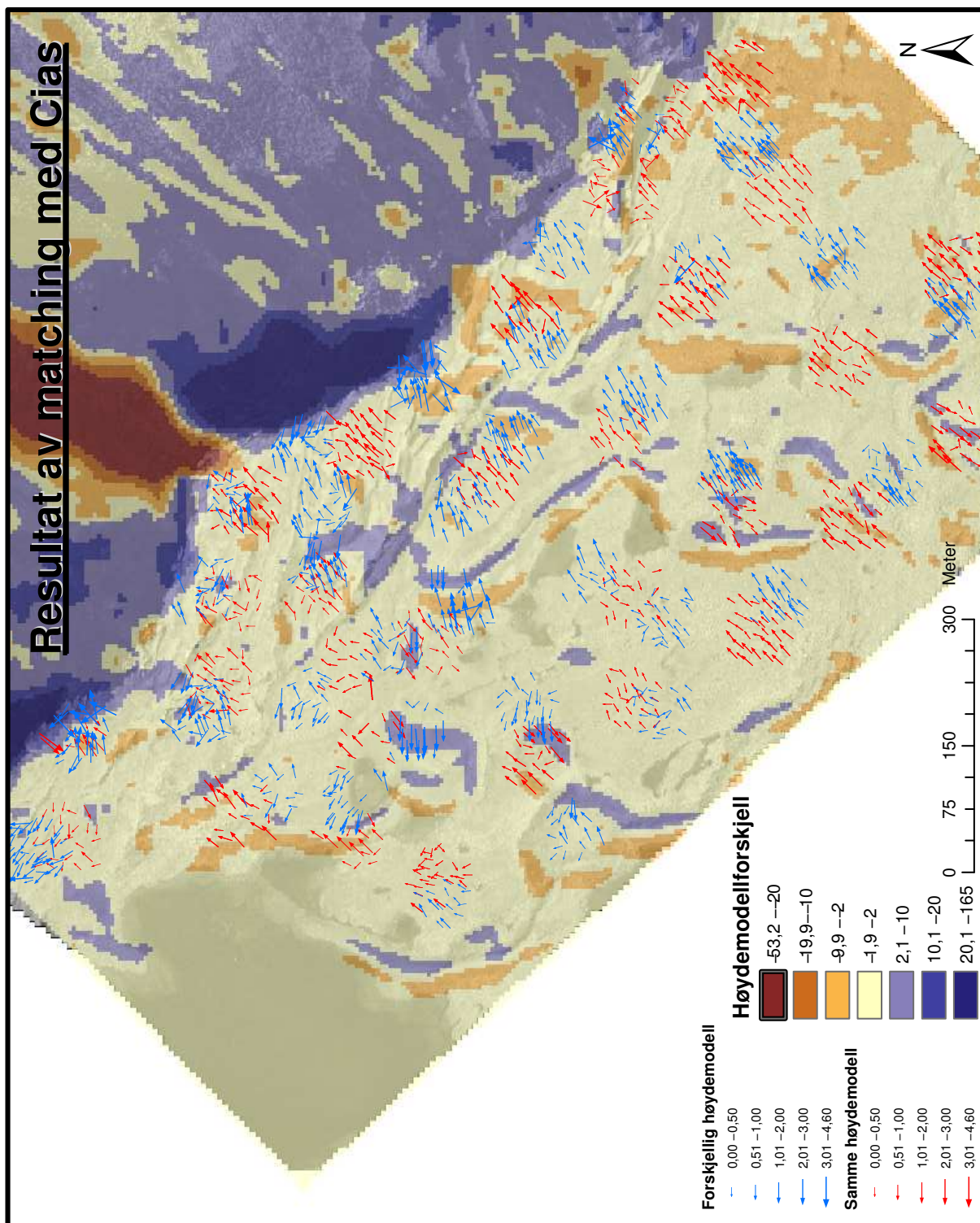
4.1.1 Resultatene

Matchingsvektorene, som er resultatet av fotogrammetrien, kan sees i figur 25 og 26. Figur 25 viser rådataresultatet fra de to CIAS-matchingene (blå og røde piler), samt høydedifferansen i de to terrengmodellene fra -74 og -03. Det er ikke nevneverdig stor forskjell mellom trender i de røde og blå vektorene. Siden det er store høydeforskjeller mellom de to modellene, ble det valgt å gå videre kun med vektorene laget av samme høydemodell (de røde). Figur 25 kan overordnet sett deles i to. I nedre høyre del kan det leses en trend blant matchingsvektorene, som går fra platået og ut mot kanten. Øverst til venstre finnes ingen klare trender. Det ser ikke ut til å være noen klar forskjell i vektorhastigheten inne på platået og utenfor sprekkesonen.

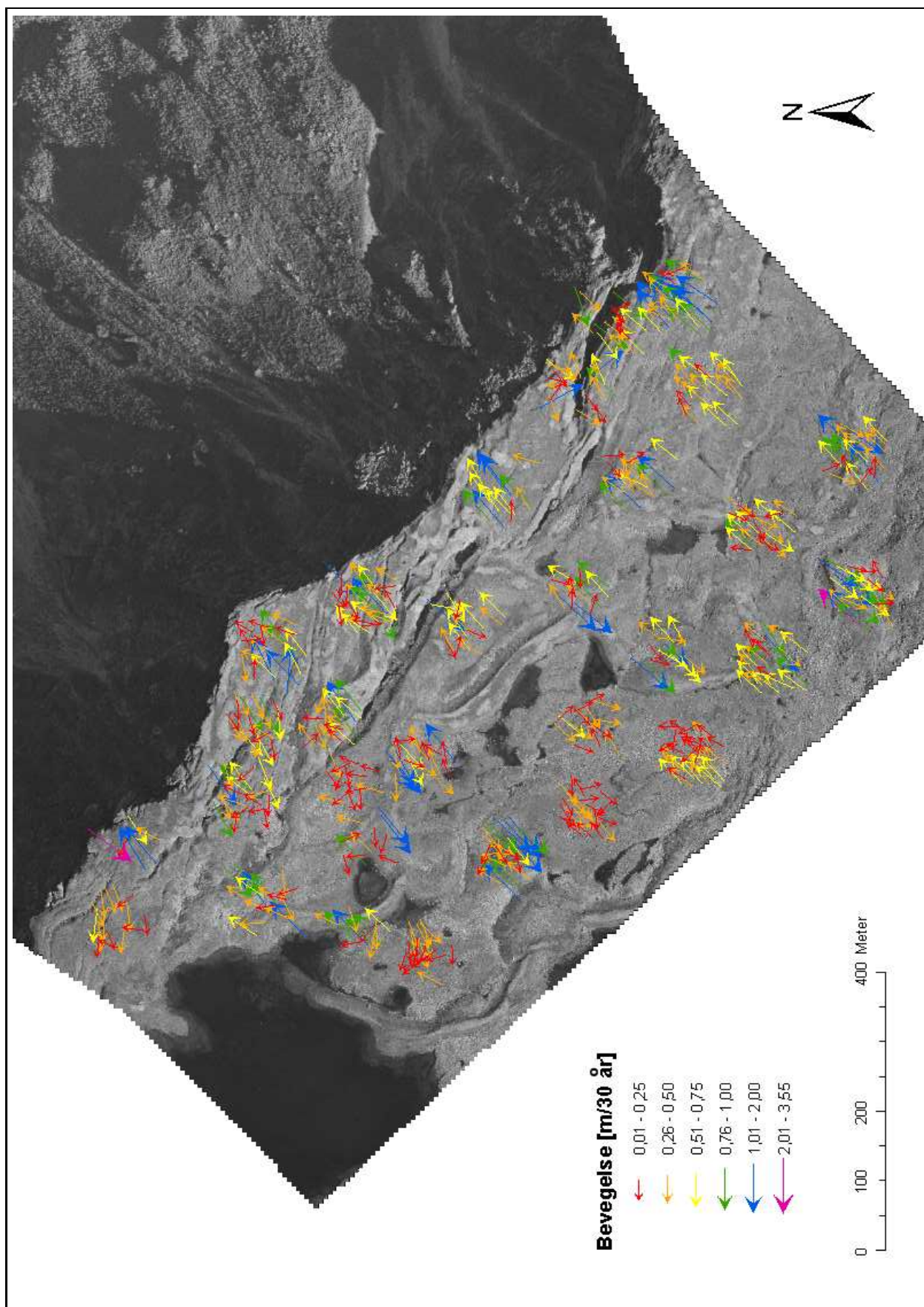
Figur 26 viser resultatet av matchingsvektorene laget fra samme høydemodell hvor den utregnede trenden, samt alle vektorer med dårligere korrelasjon enn 0,6, er trukket fra. Vektorene er fargekodet etter hastighet. Histogram over hastighetsfordelingen finnes i figur 27. Det er fortsatt områder som ser ut til å ha tendenser til trender ut mot kanten, men den klare trend-tendensen fra figur 25 er svekket. Det er fortsatt ingen klare forskjeller mellom vektorhastigheten inne på platået og utenfor sprekkesonen.

4.1.2 Diskusjon av fotogrammetriresultatene

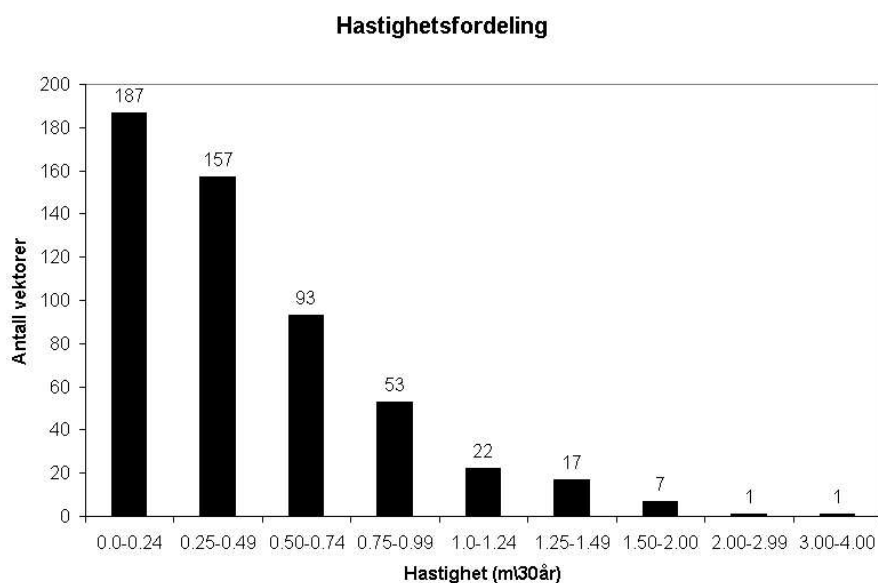
CIAS er mest brukt til å detektere og måle forandringer på objekter en vet er i bevegelse og samtidig vet den omtrentlige bevegelsesretningen til, som permafrost creep (Kääb m.fl.[13], Strozzi m.fl.[25]), isbreer og steinbreer (Kääb[14], Kääb[15]). I tilfellet Børa er det uvisst om det finnes bevegelse, samt retningen til en eventuell bevegelse. Et resultatscenario med indikasjon om bevegelse på Børa (med hensyn på eventuell utglidning) ville sett slik ut: ingen bevegelse inne på platået, altså minimale hastighetsvektorer, klare trender i *en* retning ut fra platået utenfor sprekkesonen, med has-



Figur 25: Figuren viser resultatet av de to CIAS-matchingene. I bunn ligger ortofotoet fra 2003, transparent over ligger differansen mellom terrengmodellen fra 2003 og 1974. De blå og røde pilene er rådataresultat fra CIAS-matchingene. De blå er fra matchingen hvor ortofotoene har sine respektive høydemodeller, mens de røde er fra matchingen hvor begge ortofotoene bruker høydemodellen fra 2003. Alle tall er oppgitt i meter.



Figur 26: Figuren viser resultatet av CIAS-matchingen, med samme høydemodell, etter at den utregnede trenden er trukket fra. Pilene viser bevegelse i meter per 30 år.

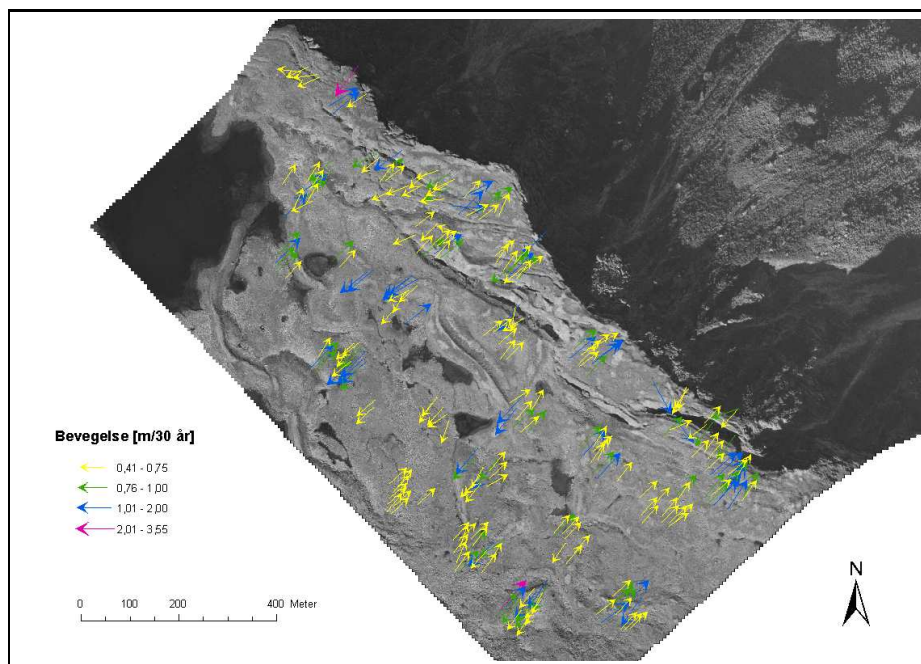


Figur 27: Histogrammet viser fordelingen av antall vektorer i de forskjellige kategoriene fra figur 26.

tighetsvektorer klart større enn vektorene inne på plataet. Dette er klart forskjellig fra resultatet presentert i denne studien. Her er det ingen klare trender, og det er ingen klar forskjell mellom hastighetsvektorer inne på plataet og utenfor sprekkesonen.

I følge Kääb[15] er nøyaktigheten på metoden ett piksel. Det vil i dette tilfelle si at bevegelsen må være over 20 cm (på bakken) for at den skal vises med metoden, og den må være over 40 cm (altså to piksler), for å være signifikant. Antallet matchingsvektorer som tilhører de to kategoriene er henholdsvis 129 (under 20 cm) og 283 (under 40 cm). Det vil si at antallet signifikante vektorer er 155. Figur 28 viser disse resterende 155 vektorene. Figuren viser at vektorene stort sett har retning langs samme akse, men snudd 180° i forhold til hverandre. Det er like mange vektorer inne på plataet som utenfor sprekkesonen. Resultatet viser således ingen klare tegn på bevegelse i området Børa med hensyn på eventuelt utglidning av steinmassene utenfor sprekkesonen.

Hvordan har det seg at vi fortsatt har 155 matchingsvektorer som er over 40 cm? I følge Kääb m.fl.[13] skyldes dette to feilkilder: geometri og radiometri. Bildene er forskjellige radiometrisk da de er tatt fra forskjellige vinkler. Det er stort sett matchet i blokkmark, og her kan det være stor sannsynlighet for at matchingsrutinen finner feil stein, særlig på grunn av forskjellig skyggelegging fra de forskjellige bildene. Bildene fra 1974 er også mer kornete enn bildene fra 2003, hvilket kan gjøre matchingen vanskelig. Bildene fra 1974 inneholder også endel snø. En feilmatching kan få korrelasjon over 0,6, særlig i blokkmark, hvor forholdene på bakken er svært like. En feilmatching



Figur 28: Figuren viser de resterende matchingsvektorene etter at alle vektorene under 40 cm er tatt bort.

kan også i slike tilfeller gi bedre korrelasjon enn den riktige matchingen.

En skulle forventet at vektorene inne på plataet ville vært av en mindre størrelsesorden. Da det fortsatt er mange vektorer av signifikant betydning på plataet ville en forventet at disse spriket i alle retninger, som et tegn på feilmatching. Dette er ikke tilfelle. Vektorene ligger overordnet sett i samme retning, hvorav noen ligger 180° på disse. Det kan det være forskjellige grunner til dette. Blant annet tyder det på at bildets geometri ikke er veldig god. I tillegg er det ikke brukt sammenbindingspunkter på kanten av plataet eller i fjellsiden hvilket gir stor tvang i modellen. Dette området utgjør i 2003-bildene nesten 50% av bildet. Pilene ligger på tvers av flyretningen, hvilket kan tyde på en restparallakse i flyets omega-dreining, som ikke er fanget opp i orienteringen. Dette vil i såfall være i samsvar med Kääb m.fl.[13], som mener feilkilden til systematiske feil kan komme fra terrengmodellen, forvrengning i relativ-orienteringen eller feilaktig terrengtolkning.

Dette forklarer dog ikke vektorene som ligger 180° i forhold til de andre. Disse vektorene utgjør omtrent 20% av alle vektorene i figur 28, og kan kun forklares som feilmatchinger. At disse vektorene utgjør de fleste av 1,0 - 2,0 meter-vektorene underbygger teorien. Det er spesielt to klynger med overvekt av vektorer som går 180° på "normalretningen". I følge Kääb m.fl.[13] forekommer feilmatchinger i områder med skarpe kanter, bratte helninger, sterkt skiftende terreng, grøfter, snødekt terreng og skyggeområder. Det er sannsynlig at en (eller flere) av disse kriteriene er oppfylt i disse

to områdene.

Er så 20% feilmatching det en kan forvente? I publikasjoner om bruk av CIAS står det lite om hvor mange prosent feilmatchinger en har. Feilmatchinger blir stort sett eliminert på bakgrunn av forventet hastighet og retning, samt små korrelasjonsverdier (Kääb[15]). I Kääb m.fl.[13] blir alle vektorer med lavere korrelasjon enn 0,8 eliminert, og man står så igjen med 75% av matchingsvektorene. I vår studie ble alle vektorer med korrelasjonskoeffisient lavere enn 0,6 eliminert. Da stod vi igjen med ca 75% av vektorene. Hvis alle vektorer med korrelasjonskoeffisient under 0,8 var blitt eliminert i vår studie hadde vi kun stått igjen med 111 vektorer (altså ca 15%), av disse ville 61 vært under 40 cm, altså ville vi hatt 50 signifikante vektorer. Fire vektorer ville vært over 1 m, den lengste 1,58 m. Hvis en regner retningsintervallet 100-160° for å være "feil vei", ville ca 45% av vektorene havne innunder denne kategorien. Under andre arbeider med CIAS på Institutt for geofag er kun vektorer med korrelasjonskoeffisient under 0,6 eliminert, for å ikke miste relevante vektorer (Bjørn Wangensteen, muntlig informasjon). Da er det i tillegg eliminert vektorer på bakgrunn av retning og avvik fra nabovektorer. Det er da blitt eliminert tilsammen omkring 25% av matchingsvektorene.

Det ble i vår studie ikke eliminert noen vektorer på bakgrunn av forventet hastighet eller forventet retning. Dette fordi vi ikke har bakgrunn for å si noe om forventet hastighet eller retning. Det er grunn til å tro at 20% feilmatching, på tross av at vektorer med korrelasjon under 0,6 er eliminert, er noe i overkant av hva en kunne forvente, men at det, av ovennevnte grunner, ikke kunne bli bedre i dette tilfellet.

Bruk av CIAS til å detektere bevegelser

En klar forutsetning for at CIAS-matchingen skal fungere er at bevegelsen som skal kartlegges er større enn metodens nøyaktighet (Kääb[15]). Dette ser ikke ut til å være tilfelle på Børa. Som tidligere nevnt er metoden i litteraturen kun brukt på fenomener en vet er i bevegelse, og som en i tillegg vet bevegelsesretningen til. På denne måten kan en eliminere feilkilder som matchingsvektorer som går "feil vei". Dette kunne også vært gjort på Børa. Vi kunne definert bevegelsesretning og eliminert alle vektorer som ikke oppfylte kriteriene. Det vil jeg imidlertid hevde er en lite hensiktsmessig måte å gjøre det på. Det gagnar heller ikke studiens problemstilling, som er å finne ut *om det* er bevegelse på Børa. Vi har således ingen forkunnskaper om bevegelsesretning eller bevegelseshastighet.

CIAS er en metode for å måle bevegelse, og viser seg således å ikke være berettiget i områder hvor en ikke kan påvise bevegelse.

4.2 GPS

GPS er i denne studien tatt i bruk for å måle årlige forandringer mellom en rekke punkter på Børa. Metoden er nøyaktig, med middelfeil på rundt 5 mm. Dette skulle gi oss muligheten til å finne bevegelser i omtrentlig denne størrelsesorden, samt se etter trender. Det er sammenlignet både koordinater og vektorer. I tillegg er det brukt to forskjellige tester for å sjekke resultatene. Det ble også nivellert over to strekninger. Alle resultatene blir presentert og diskutert videre i dette kapitlet.

4.2.1 Sammenligning av koordinater og vektorer

Resultatet av GPS-metoden er koordinater på de forskjellige punktene, og vektorer mellom dem. Disse er blitt sammenlignet ved å subtrahere resultatene fra de forskjellige årene. I og med at vi i valgte å sette et nytt fastpunkt for målingene fra 2003 og 2004 har vi to forskjellige resultater. BNFP ble ikke målt av vegvesenet, så for å kunne sammenligne resultatene fra alle årene ble TP brukt som fastpunkt i prosesseringen. Siden vi er usikre på om punktet TP er stabilt, ble målingene fra 2003 og 2004 også prosessert med BNFP som fastpunkt.

Koordinater

Tabell 5 viser koordinatene fra målingene i 2003 og 2004 med BNFP som fastpunkt. Prosesseringer med BNFP som fastpunkt må sies å være hovedresultatet fra GPS-metoden, og det er målinger med BNFP som fastpunkt som vil bli benyttet ved eventuelle fremtidige målinger. Koordinatene er svært godt bestemt, og har en punktmiddelfeil på 0-1 mm i grunnriss og 2-3 mm i høyde.

Tabell 6 viser differansen mellom koordinatene fra 2004 og 2003. Tabellen viser svært små verdier. Det er ett klart unntak: høyden på B1. Her vises en differanse på -177 mm, altså nesten 18 cm. Det viser seg videre at det kun er differanser med målinger fra 2004 som gir et slikt utslag på høyden i dette punktet. Punktet ligger ikke på kanten, men utenfor sprekkesonen, det er likevel høyst usannsynlig at punktet har sunket 18 cm i høyde. Dette er således et tydelig eksempel på antennehøydefeil. Punktet B3 viser i høyde en differanse på 8 mm. Dette punktet inneholder imidlertid en kjent feil, da det ble satt opp med trefot med snorlodd som viste seg å ikke være korrekt.

Utenom dette er det små differanser i koordinatene. B4 har 5 mm i X-retning, 6 mm i Y-retning, men kun 1 mm i høyde. B11 har 6 mm i høyde.

Tabell 7 viser differansene på alle målte punkter fra alle årene det er målt. Opprinnelig hadde vegvesenet målt til to fastpunkt, D270075 og D270265. Disse har ikke vi målt til, så for å få et felles fastpunkt ble TP valgt, og vegvesenets målinger ble prosessert på nytt. Våre målinger ble så også prosessert med TP som fastpunkt. Tabellen

	2003			2004		
Punkt	X	Y	h	X	Y	h
B1	6924487.497	437833.078	1094.859	6924487.494	437833.081	1094.682
B2	6924376.742	437754.909	1078.001	6924376.742	437754.913	1078.002
B3	6924326.440	437695.021	1074.693	6924326.443	437695.024	1074.701
B4	6924714.365	437586.696	1096.955	6924714.370	437586.702	1096.956
B5	6924761.250	437530.253	1098.166	6924761.249	437530.256	1098.170
B6	6924809.367	437450.579	1089.786	6924809.371	437450.579	1089.782
B7	6924777.595	437431.827	1089.159	6924777.593	437431.829	1089.163
B8	6924690.789	437459.355	1082.417	6924690.787	437459.355	1082.422
B9	6924764.502	437410.312	1086.778	6924764.499	437410.314	1086.776
B10	6924970.038	437199.598	1078.697	6924970.036	437199.599	1078.701
B11	6924959.552	437010.569	1069.278	6924959.548	437010.570	1069.284
B12	6925039.204	436958.578	1062.641	6925039.201	436958.578	1062.644
TP	6924552.365	437843.641	1105.378	6924552.366	437843.644	1105.382
BN1				6925559.922	436653.862	1337.179
BN2				6925591.540	436540.101	1332.647
BN3				6924018.457	438333.478	1022.932

Tabell 5: Tabellen viser resultatkoordinatene for 2003 og 2004 på alle målte punkter på Børa. Koordinatene er jevnet ut med BNFP som fastpunkt.

viser verdier i en annen størrelsesorden enn hva målingene fra 2003 og 2004 med BNFP viser. Her er mange verdier over 1 cm, særlig viser differansene hvor målinger fra 1999 er inkludert høye tall, hovedsakelig i høyde. Differansen mellom målingene fra 2001 og 1999 viser at både B3, B4, B5 og B6 har særlig høye verdier (over 1 cm) både i X-retning og høyde, men ikke mye i Y-retning. Så godt som alle punktene har over 1 cm høydeforskjell, på det meste 3,4 cm. I differansen mellom 2003 og 1999 har punkter med store differanser redusert seg til B4, B5 og B6. B4 har store utslag i alle retninger, de to andre i X-retning og høyde. Fortsatt har alle punktene, unntatt ett, høydeforskjell på over 1 cm, på det meste 3 cm. I differansen mellom målingene fra 2004 og 1999 har B4 fortsatt store utslag i alle retninger, B5 i X-retning og høyde, mens B6 har 2,1 cm differanse i X-retning. Alle punktene unntatt to, har differanser på over 1 cm i høyde. Sett bort fra B1, er 3 cm den høyeste differansen.

De samme store verdiene finner en ikke igjen i differansene mellom 2003 og 2001 eller 2004 og 2001. Differanse mellom målingene fra 2003 og 2001 viser to utslag på over 1 cm. B3 har 1,3 cm i X-retning, og B9 har 1 cm i høyde. Mellom 2004 og 2001 har B6 en forskjell på 1,1 cm i X-retning, og 1,3 cm i høyde. I tillegg har B3 en forskjell på 1,2 cm i X-retning. B1 viser 18,5 cm i høydeforskjell.

I tabellen med differanser mellom målingene fra 2004 og 2003 finnes kun små ver-

Differanse 2004-2003			
Punkt	X (mm)	Y (mm)	h (mm)
B1	-3	3	-177
B2	0	5	1
B3	2	3	8
B4	5	6	1
B5	-1	3	4
B6	4	0	-4
B7	-2	3	4
B8	-2	1	5
B9	-3	3	-2
B10	-2	1	4
B11	-3	1	6
B12	-3	0	3
TP	1	3	4

Tabell 6: Tabellen viser differansen mellom koordinatene fra 2004 og 2003 hvor BNFP er brukt som fastpunkt.

dier, med unntak av B1 som har en høydeforskjell på 18 cm, ellers er alle verdiene godt under 1 cm. De fleste verdiene er også under 5 mm, kun høyden på B3 og B6 har verdier på henholdsvis 6 og 7 mm.

Vektorer

Det er to sett med vektorer, de med BNFP som fastpunkt (2003 og 2004-målinger) og de med TP (alle år). Tabell 9 viser differansen mellom vektorene fra 2004 og 2003-målingene. Figur 29 viser en grafisk fremstilling av vektordifferansene i høyde og avstand mellom 2004 og 2003-målingene. Tabellen viser differanse i retning, avstand og høyde. I avstand viser tabellen svært små verdier. Kun tre vektorer har over 5 mm differanse. B4 til B8 har 6,5 mm, B8 til B6 har 5 mm og B10 til B6 har -6 mm. I retning er det også kun små verdier, de eneste som utmerker seg er B7 til B6 med $-9,01^{mg^4}$ og B7 til B9 med $-5,06^{mg}$. I høyde derimot er det flere verdier over 5 mm. Alle vektorer som inneholder B1 har høydeforskjeller på -177 mm til -185 mm. Dette skyldes, som tidligere nevnt, høyst sannsynlig en antennehøydefeil. B2 til B3 har en høydeforskjell på 10 mm. B3 inneholder som tidligere nevnt en kjent feil. Det er dog merkelig at det gir utslag i høyde og ikke i grunnriss (0 mm differanse i avstand). B6 utmerker seg ved at alle vektorene punktet er med i har en differanse på over 5 mm i høyde. Punktet er med i vektorene B5 til B6, B7 til B6, B8 til B6 og B10 til B6, og har henholdsvis -9 mm, -8 mm, -8 mm og -10 mm i differanse. I avstand har de samme vektorene 4 mm, 4 mm,

⁴gon = 400-deling av en sirkel, mg = 1/1000 gon

Differanse 2001-1999			
Punkt	X (mm)	Y (mm)	h (mm)
B1	0	0	34
B2	7	4	-14
B3	16	3	23
B4	17	6	-11
B5	15	-4	29
B6	10	-5	16
B7	6	-6	-2
B8	3	-3	-18
B9	9	4	11
D270075	-3	-3	-34
D270265	0	-6	14

Differanse 2003-2001				Differanse 2003-1999		
Punkt	X (mm)	Y (mm)	h (mm)	X (mm)	Y (mm)	h (mm)
B1	1	-1	-5	1	-1	29
B2	-5	-7	4	2	-3	-10
B3	-13	-5	2	3	-2	25
B4	5	7	-7	22	13	-18
B5	-2	4	1	13	0	30
B6	8	1	-6	18	-4	10
B7	-2	3	-6	4	-3	-8
B8	-7	2	1	-4	-1	-17
B9	-6	-2	10	3	2	21

Differanse 2004-2003				Differanse 2004-2001			Differanse 2004-1999		
Punkt	X (mm)	Y (mm)	h (mm)	X (mm)	Y (mm)	h (mm)	X (mm)	Y (mm)	h (mm)
B1	-3	0	-180	-2	-1	-185	-2	-1	-151
B2	-1	2	-2	-6	-5	2	1	-1	-12
B3	1	0	6	-12	-5	8	4	-2	31
B4	4	2	-1	9	9	-8	26	15	-19
B5	-2	0	0	-4	4	1	11	0	30
B6	3	-3	-7	11	-2	-13	21	-7	3
B7	-2	0	0	-4	3	-6	2	-3	-8
B8	-2	-3	1	-9	-1	2	-6	-4	-16
B9	-3	-1	-5	-9	-3	5	0	1	16
B10	-3	-2	1						
B11	-5	-2	3						
B12	-3	-4	0						
BNFP	-1	-3	-4						

Tabell 7: Tabellen viser differanser mellom koordinater fra alle år det er foretatt målinger. Målingene fra 1999 og 2001 er prosessert omigjen med TP som fastpunkt.

5 mm og -6 mm i differanse. De resterende vektorene som viser noe utslag i høyde har svært liten differanse i avstand. B11 til BNFP viser for eksempel -7 mm differanse i høyde, men 0 mm differanse i avstand.

Tabell 10 viser differansen mellom vektorene fra målinger alle år. Tabellen viser helt andre verdier enn tabell 9. Særlig viser differanser som innebærer 1999-målingene svært høye verdier, spesielt i høyde. Ser man bort fra vektorer som inneholder punktet B1 (i differanser som inneholder 2004-målingene), finnes det likevel differanser i høyde på opptil 50 mm. I retning og avstand er det ikke like store differanser. I retning ser det ut til at vektorene B5 til B4 og B6 til B7 gir tidvis store utslag. I avstand ser det ikke ut til å være noen sammenheng, B6 er et punkt som også tidvis viser store differanser. I det hele tatt ser det ikke ut til å være noen sammenheng i differansene. Det finnes ingen trend. Tabell 8 viser hvordan avstander og høyder minker og øker uten noen form for system. Tallene er tatt fra tabell 10, fra differansen mellom 2001-1999, 2003-2001 og 2004-2003. Avstanden mellom punktene B6 og B7 er den eneste som

Vektor	Avstand			Høyde		
	01-99	03-01	04-03	01-99	03-01	04-03
TP-1	+4	-5	+4	+38	-5	-184
1-2	-6	+8	-2	-39	+9	+177
3-2	-5	+4	0	-41	+7	-10
5-4	+8	-2	-3	-45	-5	0
6-7	+5	+8	+3	-21	0	+10
9-8	+9	-7	-1	-24	-17	+6

Tabell 8: Tabellen viser differansene i avstand og høyde fra tabellene "Differanse 2001-1999, 2003-2001 og 2004-2003" i tabell 9.

ser ut til å øke hvert år, men i høyde veksler samme vektor på å synke 21 mm mellom 1999 og 2001, og øke 10 mm mellom 2003 og 2004.

Differanse vektorer 2004-2003				
Fra	Til	Retning (mg)	Avstand (mm)	Høyde (mm)
B2	B1	0,28	-2,00	-177,00
B2	B3	2,66	0,00	10,00
B4	B1	1,24	1,00	-177,00
B4	B2	0,54	3,00	2,00
B4	B3	0,52	1,00	6,00
B4	B8	-1,78	6,50	4,00
B4	B5	-4,80	-3,00	0,00
B5	B6	1,57	4,00	-9,00
B5	B7	-0,16	2,00	0,50
B5	B8	1,03	2,00	1,50
B5	B9	-0,38	1,00	-4,00
B7	B6	-9,01	4,00	-8,00
B7	B9	-5,06	0,00	-4,25
B8	B2	-0,69	1,00	-2,00
B8	B3	-0,58	-2,00	1,00
B8	B6	0,77	5,00	-8,00
B8	B9	0,05	-1,00	-6,00
B9	B10	-0,36	2,00	8,00
B9	BNFP	0,35	0,00	1,00
B9	B11	-0,25	2,00	6,00
B10	B6	-1,25	-6,00	-10,00
B10	B7	-0,45	1,00	3,00
B10	B12	-0,43	1,00	6,00
B11	B10	-0,71	0,00	-2,00
B11	B12	-0,32	1,00	-4,00
B11	BNFP	0,10	0,00	-7,00
B12	BNFP	-0,13	3,00	2,00
TP	B1	0,20	4,00	-184,00
TP	B4	1,14	0,00	0,00

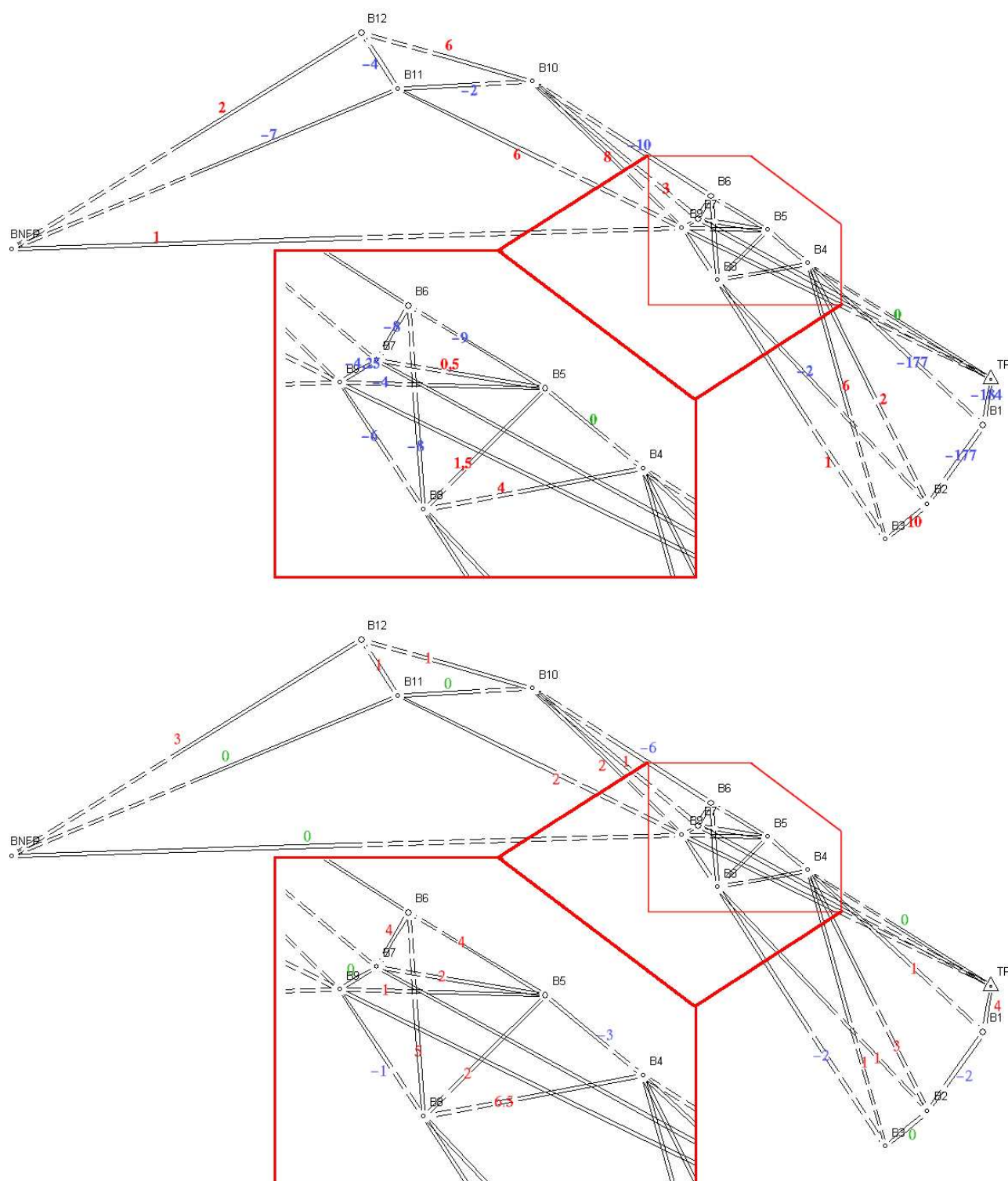
Tabell 9: Tabellen viser differansen mellom vektorene i retning, avstand og høyde fra målinene i 2003 og 2004. Like vektorer som er prosessert hver sin vei er snudd, og vektorer målt flere ganger er det tatt gjennomsnitt av.

Differanse 2001-1999				
Fra	Til	Retning(mg)	Avstand(mm)	Høyde(mm)
TP	1	0,84	4,00	38,00
1	2	-0,44	-6,00	-39,00
3	2	4,93	-5,00	-41,00
5	4	-6,18	8,00	-45,00
6	7	-7,82	5,00	-21,00
9	8	8,19	9,00	-24,00

Differanse 2003-2001					Differanse 2003-1999		
Fra	Til	Retning	Avst	Høyde	Retning	Avst	Høyde
TP	1	-0,23	-5,00	-5,00	0,61	-1,00	33,00
1	2	-0,05	8,00	9,00	-0,49	2,00	-30,00
3	2	-6,77	4,00	7,00	-1,84	-1,00	-34,00
5	4	-6,98	-2,00	-5,00	-13,16	6,00	-50,00
6	7	-5,81	8,00	0,00	-13,63	13,00	-21,00
9	8	-2,78	-7,00	-17,00	5,14	2,00	-41,00

Differanse 2004-2003					Differanse 2004-2001			Differanse 2004-1999		
Fra	Til	Retning	Avst	Høyde	Retning	Avst	Høyde	Retning	Avst	Høyde
TP	1	0,21	4,00	-184,00	-0,02	-1,00	-189,00	0,82	3,00	-151,00
1	2	0,30	-2,00	177,00	0,25	6,00	186,00	-0,19	0,00	147,00
3	2	2,68	0,00	-10,00	-4,09	4,00	-3,00	0,84	-1,00	-44,00
5	4	-4,78	-3,00	0,00	-11,76	-5,00	-5,00	-17,94	3,00	-50,00
6	7	-8,78	3,00	10,00	-14,59	11,00	10,00	-22,41	16,00	-11,00
9	8	0,06	-1,00	6,00	-2,72	-8,00	-11,00	5,47	1,00	-35,00

Tabell 10: Tabellen viser differansen mellom vektorene fra målingene alle år, prosessert med TP som fastpunkt. Avstand og høyde er oppgitt i millimeter, retning i milligon.



Figur 29: Figuren viser en grafisk fremstilling av vektordifferensene fra målingene i 2004 og 2003. Det øverste bildet viser differensene i høyde, det nederste differensene i avstand. Retning på vektorene, samt bedre oversikt over tallene finnes i tabell 9. Alle differanser er oppgitt i millimeter.

4.2.2 Diskusjon av GPS-resultatene

Tabell 11 viser differansen mellom 2001 og 1999 fra de opprinnelige dataene, målt av vegvesenet. En sammenligning mot den øverste av tabellene i tabell 7 (vår nye prosessering av de samme data) avslører store forskjeller. Forskjellene ser ikke ut til å ha noen sammenheng. Vegvesenets data har jevnt over litt mindre differanser i høyde, og litt mer i Y-retning. Høydedifferansene er til tider veldig forskjellige, for eksempel har B2 en differanse på -14 mm i vår prosessering, mens punktets differanse i vegvesenets prosessering er 15 mm. Det er en forskjell på nærmere 3 cm. B7 har -2 mm i vår prosessering, mens punktets differanse i vegvesenets prosessering er 24 mm. Dette er høyst sannsynlig et utslag av utvalget av målinger, og forskjellig prosesseringsprogrammer. Vegvesenets måleteknikk har vært å måle til ett kjentpunkt for hvert punkt, altså orientere det indre nettet på Børa til et ytre nett av fastpunkt. Enkelte av fastpunktene i dette vektornettet har resultert i vektorer på over 10 km. Stort sett alle målinger i et punkt har vektorer til ett eller flere fastpunkt som befinner seg enten over 2500 m eller over 6900 m unna (det er målt fra punktene til to fastpunkt, og fra disse fastpunktene til de andre fastpunktene i det ytre nettet). I vår prosessering av de samme data ble alle de ytre fastpunktene kuttet ut. Dette fordi disse vektorene var lange, og kunne ført til tvang. Vi har også satt TP som gitt i våre prosesseringsprogrammer. Fastpunktene har vært gitte punkter i utjevningen til vegvesenet, alle målinger fra punktene på Børa har en vektor til disse. Når da et annet punkt blir satt som gitt, og fastpunktene med de lange vektorene blir flytende under utjevning, gir det en helt annen tvang i nettet, som vist i tabellene ovenfor. Dette kan også forklare at D270075 har en differanse på 34 mm i høyde i tabell 7.

Dette viser at nøyaktigheten på målingene fra 1999 og 2001 ikke er gode. Med utgangspunkt i Statens Kartverks[16] tommerfingerregel om 5mm+1ppms nøyaktighet på vektorer, gir lange vektorer dårligere nøyaktighet. Vegvesenet har ca 10 vektorer mellom punktene på Børa (disse er fra 25 m - 433 m lange), og rundt 30 vektorer ut til fastpunktene (disse er fra 2500 m til 7200 m lange). Dette er ikke kompensert for i tilstrekkelig grad i måletid. Dette, sammen med nyprosessering av vektornettet med nytt fastpunkt, har ført til at resultatene målt i 1999 og 2001 viser seg å være av liten verdi for denne studien da de ikke er nøyaktige nok. Disse resultatene vil derfor ikke bli videre kommentert i denne studien.

Målemetoden brukt på Børa i 2003 og 2004 bestod i å ikke måle mot noe ytre nett, men heller måle et sterkt lokalt nett hvor hvert punkt er med i minst tre vektorer. Dette har vist seg å gi svært god bestemmelse av punktene. Forskjeller i differansene mellom 2004 og 2003, med BNFP og TP som fastpunkt, gir ikke de samme utslagene i verdiene. Her er forskjellen maks 8 mm (X-retning punkt B11), men ligger overordnet sett på rundt noen få millimeter.

Differanser 2001-1999, vegvesenets data			
Punkt	X(mm)	Y(mm)	h(mm)
1	0	13	11
2	17	16	15
3	16	14	7
4	22	19	7
5	12	5	20
6	5	1	12
7	0	5	24
8	7	-4	6
9	4	13	-7
D27T0064	6	6	4

Tabell 11: Tabellen viser differansen mellom koordinatene fra de opprinnelige dataene målt av vegvesenet i 1999 og 2001.

I en studie som denne, hvor bevegelser på millimeternivå skal kartlegges, er det vanskelig å si hva som er bevegelse, og hva som er mindre enn metodens nøyaktighetsnivå. Nøyaktigheten på koordinatene (middelfeilen) regnes ut i utjevningen, og er et resultat av sammenhengen mellom den teoretisk antatte middelfeilen, og restfeilen. En koordinat har middelfeil i x- og y-retning, samt høyde. Når en skal sammenligne målinger fra to år, og et punkt viser seg å ha en differanse på 5 mm trenger likevel dette ikke være signifikant i forhold til bevegelse, selv om middelfeilen i samme retning er kun 1 mm, fordi middelfeilen til punktet i begge målinger må tas i betraktning. For å få punktets nøyaktighet må også middelfeilene i de andre retningene tas i betraktning. Differansen mellom punktet målt i det ene og det andre året uttrykkes slik:

$$\Delta A = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2} \quad (15)$$

En utledning av uttrykket:

$$\Delta A = \sqrt{(\Delta X_1 - \Delta X_2)^2 + (\Delta Y_1 - \Delta Y_2)^2} \quad (16)$$

Alle koordinatene har hver sin middelfeil:

$$\sigma A = \sqrt{(\sigma_{x1}^2 + \sigma_{x2}^2) + (\sigma_{y1}^2 + \sigma_{y2}^2) + korrelasjon(xy)} \quad (17)$$

Dette kan brukes til å regne ut en feilellipse for hvert punkt, og er teknikken AvVektor benytter seg av (resultater fra AvVektor finnes i avsnitt 4.2.3 på side 77). Likning 17 gjelder for ett standardavvik, altså ca 67% sannsynlighet. For å komme opp på 95% sannsynlighet for at differansen er bevegelse, og ikke tilfeldige feil, trengs 2 standardavvik. Det er derfor ikke gitt at differansene mellom koordinatene viser bevegelse, selv

om punktmiddelfeilen er svært lav.

I tabell 6 på side 67 vises differansene mellom koordinatene målt i 2004 og 2003. Tabellen viser så små verdier at jeg mener det ikke er mulig å fastslå noen bevegelse på Børa ved hjelp av disse resultatene.

Det blir i denne studien tatt utgangspunkt i den tidligere nevnte Statens kartverks standard[16] for nøyaktighet på statisk målte vektorer. Tabell 9 på side 70 viser resultatet av sammenligningen av vektorene målt i 2003 og 2004. Tabellen viser, som tabell 6, svært lave verdier, unntatt vektorer som inneholder punktet B1. Det er også her vanskelig å vite hva som kan være bevegelse, og hva som ligger innenfor metodens nøyaktighet. Det er noen få vektorer som overskrider reglen om 5mm+1ppm. Men bortsett fra vektorer som inneholder B6 ser det ikke ut til å være noen trendlignende sammenheng mellom disse vektorene. Vektorer som inneholder B6 har alle en differanse på over 5 mm i høyde, og alle ligger tett rundt 5 mm differanse i avstand. Dette kan tyde på at det er noe bevegelse på punktet B6. Avstander til punktet øker fra B5, B7 og B8, mens avstanden mellom B6 og B10 minker. Alle vektorene har negativ høyde. Dette kan tyde på at hammeren punktet ligger på lener seg utover, mot B10, og synker noe. I forhold til terrenget er ikke dette usannsynlig. Punktet ligger på en meget oppsprukket, nesten løs, hammer, se bilder i figur 30. At denne hammeren vil ramle ned er sannsynlig. Det er dog ikke sannsynlig at dette vil ha konsekvenser for resten av plataået, da hammeren er såpass løs i utgangspunktet.

Bevegelse på Børa?

Ved sammenligning av koordinater og vektorer fra målingene i 2003 og 2004 er det vanskelig å si om punktene på Børa beveger seg. Til det er differanseverdiene for små. Det eneste som ser ut til å være tilfelle er at punktet B6 kan være i bevegelse.

For sikkert å kunne fastslå bevegelse burde en hatt differanser rundt 1 cm, med samme målepresisjon som målingene fra 2003 og 2004 viser. I tillegg til teoretiske bidrag til forverring av metodens nøyaktighet, kommer også menneskelige feil. Målinger av punktet B1 i 2004 bekrefter dette. Fastsettelse av for eksempel høyde med GPS er vanskelig; teoretisk fordi satellittene aldri står i zenit over områdene her i nord, og praktisk særlig hvis en må bruke stativ. Dette betyr at hvis en skal kunne se noe bevegelse i resultatene, må en se etter trender og sammenhenger. Dette finnes, med unntak av vektorene til B6, ikke i resultatene presentert i denne studien.



Figur 30: Bildet viser viser måling på punktet B6. Det er tydelig svært oppsprukket rundt hammeren. Foto: Ketil Isaksen.

4.2.3 AvVektor

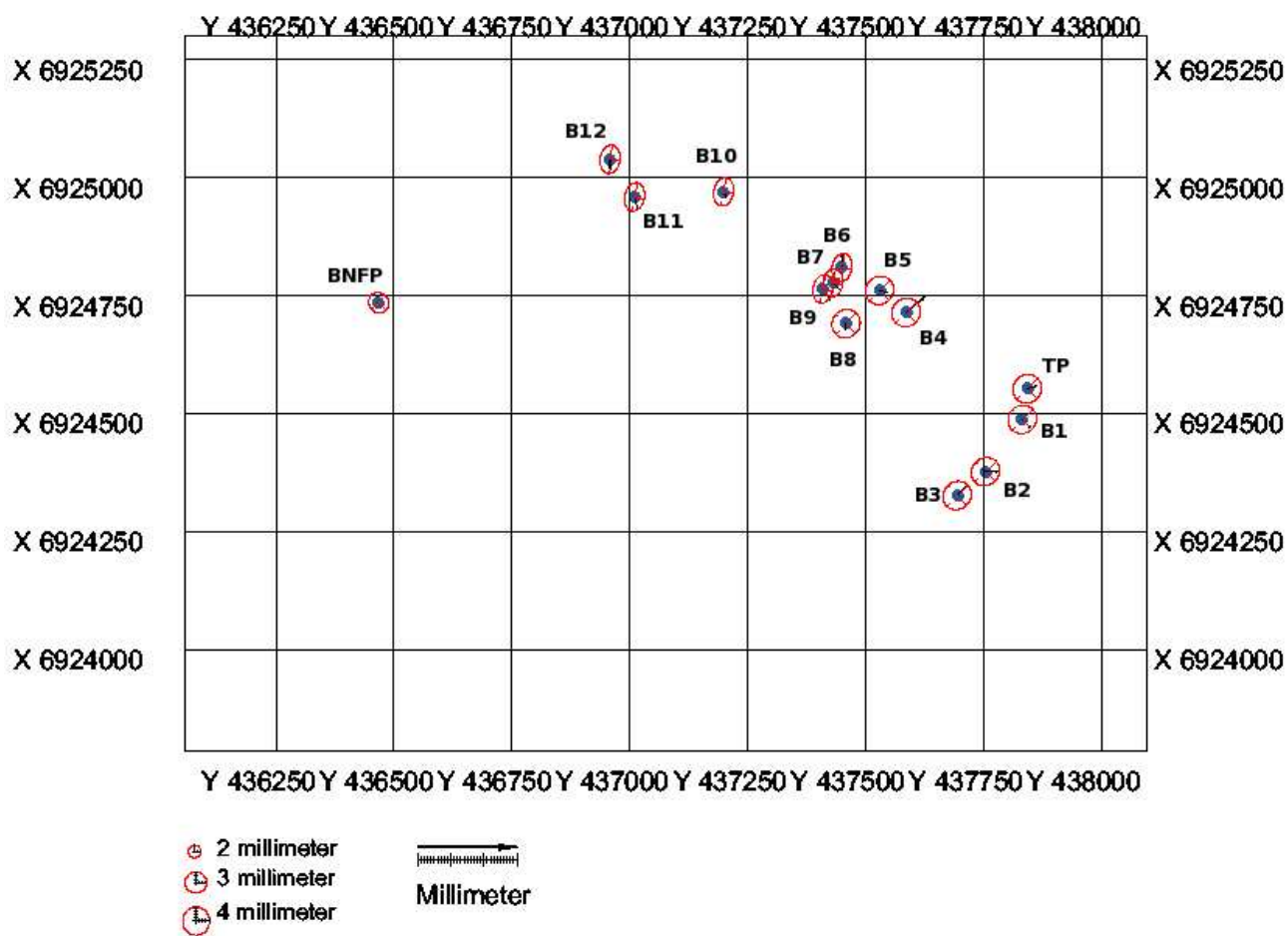
I denne studien presenteres det differanser mellom vektorer og koordinater fra målinger gjort over flere år. Differanseverdiene er svært lave, og det er vanskelig å vite om det er bevegelse i punktene, eller om differanseverdien ligger innenfor metodens nøyaktighetsnivå. Derfor ble programmet AvVektor tatt i bruk. AvVektor bruker midelfeilene, samt en korrelasjonsfaktor, for å sette en statistisk grense for hva som er metodens nøyaktighet. Går differanseverdien fra to målinger over denne grensen, er sannsynlig at det er bevegelse på punktet. Ulike statistiske sannsynligheter kan brukes i testen, i denne studien ble det brukt 99% som grenseverdi. Programmet ble brukt i grunnriss og høyde, på målingene fra 2003 og 2004.

Resultatene er presentert i figur 31 og 32. Figur 31 viser nøyaktighetsellipsene regnet ut for punktene i grunnriss. Differansene på hvert punkt, fra de to målingene, vises som en sort vektor. Hvis vektoren strekker seg utenfor nøyaktighetsellipsen, har den oversteget den statistiske grensen for metodens nøyaktighet. Metoden ble utført med 99% signifikansnivå. Resultatet viser at det i grunnriss kun er B4 som strekker seg utenfor ellipsen. Vektorens retning er rett ut i dalen.

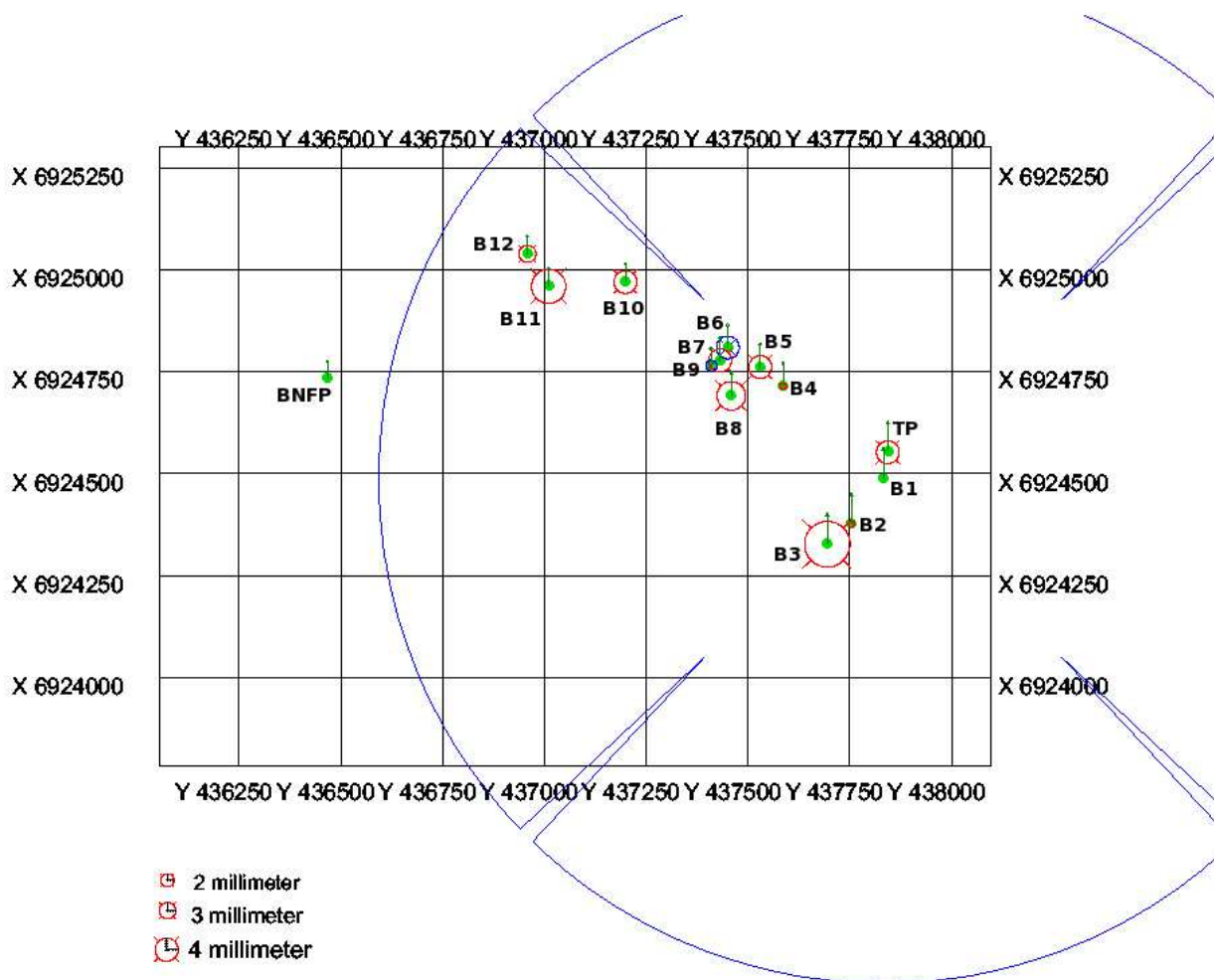
Figur 32 viser resultatet av metoden i høyde. I høyde regner AvVektor ut nøyaktighetspiler. Sirklene er differansen mellom de to målingene. Røde sirkler indikerer at punktet hever seg, og blå sirkler indikerer at punktet synker. Hvis sirklen overstiger nøyaktighetspilen er det 99% sannsynlighet for at det er bevegelse i punktet. Det mest iøynefallende ved figuren er den store blå sirkelen. Denne tilhører punkt B1. Det er allerede dokumentert en stor differanse i høyde på dette punktet, og som tidligere nevnt er det høyst sannsynlig en antennehøydefeil. Utenom dette viser resultatet at ingen andre punkt ser ut til å være i bevegelse. B11 er det eneste punktet hvor differansen er i nærheten av å overstige nøyaktighetspilen. BNFP har ikke noen differanse, siden det er satt som fastpunkt, og dermed har lik koordinat i utregningen.

4.2.4 Grunnlagstest

Det ble foretatt en grunnlagstest i programmet VG-land. Dette ble også gjort for å teste om differanseverdiene viser bevegelse eller om de er innenfor GPS-metodens nøyaktighetsnivå. Grunnlagstesten sjekker observasjonene fra én måling mot det eksisterende grunnlaget. Det er her testet 2004-observasjoner på koordinatene fra målingene de andre årene, som er satt som eksisterende grunnlag. Resultatet finnes i tabell 12. Kolonnene "Punkt" i tabellen er punktene grunnlagstesten slo ut på, notert i synkende rekkefølge. Kolonnene "Red." er reduksjonen punktet ville gjort på feilkvadratsummen. Testen ble utført med 95% signifikansnivå. Tabellen viser grunnlagstesten utført med 2004-observasjoner på 1999-, 2001- og 2003-koordinater. I kolonnen for testen



Figur 31: Figuren viser resultatet av AvVektors utregning av nøyaktighetsellipsene for vektorene i grunnriss.



Figur 32: Figuren viser AvVektors utregning av nøyaktighetspilene for vektorene i høyde.

Grunnlagstest, 2004-observasjoner					
på 1999-koordinater		på 2001-koordinater		på 2003-koordinater	
Punkt	Red.	Punkt	Red.	Punkt	Red.
B4	46005,272	B4	13819,112	B4	2226,335
B6	12980,905	B6	8853,954	B6	1261,892
B5	5859,578	B1	6621,452	B8	444,701
B1	5859,578	TP	2221,223	B1	200,383
B8	4208,780	B5	1918,001	BNFP	91,029
B7	1370,960	B7	1603,764	B3	85,158
				TP	80,889
				BNFP	74,425
				BNFP	64,318
				BNFP	64,256
				B7	132,004
				BNFP	60,669
				B12	41,868

Tabell 12: Tabellen viser resultatet fra grunnlagstestene. Punktene i kolonne "Punkt" er punkt som grunnlagstesten mener er galt etter utføring. Tallet i kolonne "Red." er reduksjonen i feilkvadratsummen som punktet gir.

utført på 2003-koordinatene forekommer punktet BNFP flere ganger, dette er fordi vi fant det meget usannsynlig at dette punktet flytter seg. Dermed ble punktet med nest høyest reduksjon av feilkvadratsummen satt som utjevnet i stedet.

Punktene B4 og B6 forekommer øverst på alle utføringene av testen. De utmerker seg også med svært høy reduksjon av feilkvadratsummen-verdier. En annen ting å merke seg ved resultatet er at svært mange punkter er med. Testen har gjort utslag på nesten alle punkter fra alle år, hvilket viser at testen fanger opp også svært små forskjeller.

4.2.5 Nivellement

I løpet av feltturene til Børa ble det også nivellert over to strekninger. Nivellement gir høydeforskjeller mellom punktene. Høydeforskjellen fra de forskjellige årene er subtrahert og sammenlignet. Resultatet foreligger i tabell 13. Det ble målt to ganger i 2003, i juni og i august, samt i august 2004. Tabellen viser at det mellom N1 og N2 skjer svært lite. Verdiene er innenfor metodens nøyaktighetsnivå, og en kan se at det ikke er noe system i om høydeforskjellen øker eller minker. Mellom B6 og B7 derimot kan en se en klar tendens til at høydeforskjellen minker. I følge Eiken[8] er metodens nøyaktighet på litt under 1 mm. Differansen mellom B6 og B7 ligger på rundt 5 mm, og er i så måte signifikant.

Differanse	N1-N2(mm)	B6-B7(mm)
aug03-juni03	0,45	-0,35
2004-aug03	-0,35	-5,15

Tabell 13: Tabellen viser endringene fra nivellementsmaalingene.

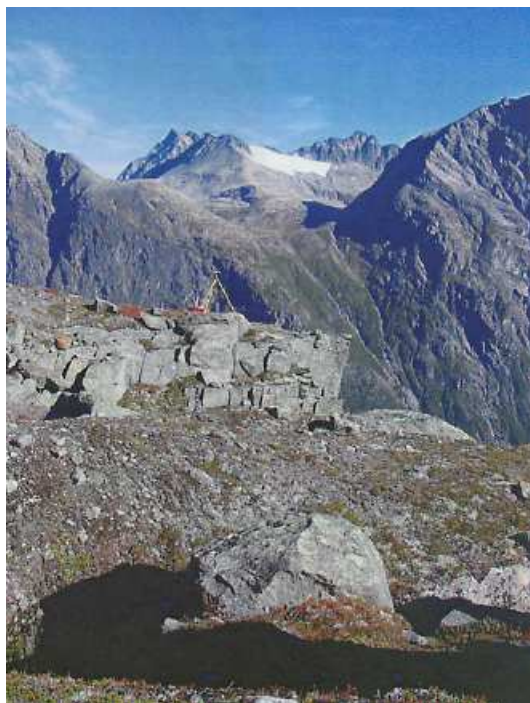
4.2.6 Diskusjon rundt AvVektor, grunnlagstest og nivellement

Det er i denne delen presentert resultater av to forskjellige tester av GPS-dataene. Testene bruker forskjellige teknikker for å regne ut sannsynligheten for at differansen i punktene mellom to målinger er signifikant forskjellig i forhold til metodens nøyaktighetsnivå. De to testene slår ut svært forskjellig. Mens AvVektor mener at det kun er B4 som viser en signifikant bevegelse (sett bort i fra B1), slår grunnlagstesten ut på nesten samtlige punkter. Grunnlagstesten slår ut på punkt etter punkt til det ikke er mulig å gjennomføre en utjevning med punktene som er igjen. De to metodene bruker svært forskjellige teknikker. Mens AvVektor regner ut nøyaktighetspiler og -ellipser på kun ett og ett punkt, ser grunnlagstesten på hele vektornettet. Dette gjør grunnlagstesten til en mye strengere metode enn AvVektor i forhold til hva metoden ikke tillater av differanseverdier i punktene. Metoden tillater altså ikke store verdier før den mener å avdekke feil i grunnlaget. Tabell 12 viser at det er relativt stor forskjell på reduksjon av feilkvadratsummen fra B4 og B6, ned til de resterende punktene. De resterende punktene har ingen felles rekkefølge. Testen utført mot koordinatene fra 2003-målingen viser også at fra første gang BNFP dukker opp er det svært liten reduksjon av feilkvadratsummen på de resterende punktene i kolonnen. Selv om grunnlagstesten slår ut på et punkt, kan det være vektorene til dette punktet det er noe "feil" med. På denne måten kan det være at det egentlig er et annet punkt som har en større feil enn det som blir lokalisert av testen. Det er dette vi benytter oss av når vi lar være å tro at det er BNFP som er galt, og heller velger å sette punktet med nest høyest reduksjon av feilkvadratsummen-verdi som utjevnet.

Metoden med høyest nøyaktighet i denne studien er nivellement. Hvis en måler over korte avstander måler metoden høydeforskjeller med en nøyaktighet på under én millimeter (Eiken[8]). Siden det er nivellert over en strekning det også finnes en GPS-vektor for, kan metoden således brukes til å verifisere GPS-vektoren. Tabell 9 på side 70 viser en høydeforskjell mellom punkt B6 og B7 på -8 mm. Nivellementet viser ca -5 mm over samme strekning.

Bevegelse på Børa?

Sammenligningen av koordinater og vektorer, AvVektor, grunnlagstest og nivellement gir litt forskjellige resultater i forhold til å kunne bestemme om det er bevegelse på Børa. Sammenligning av koordinatene gir ingen klare tegn på bevegelse. Sammenligning av vektorene viser at punktet B6 kan være i bevegelse. Det er ved hjelp av koordinatene og vektorene dermed vanskelig å kunne si noe om forholdene på Børa ved hensyn på bevegelse. AvVektor slår fast at differanseverdien på punktet B4 i grunnriss er så stor at den går utenfor nøyaktighetsellipsen. Det er altså, i følge AvVektor, 99% sikkert av punktet har beveget seg mellom 2003 og 2004. At punktet B4 beveger seg er heller ikke usannsynlig i forhold til terrenget på Børa. Bildet i figur 33 viser at punktet ligger på en hammer (i likhet med punkt B6), godt ute på kanten. Vektoren



Figur 33: Bildet viser måling på punktet B4. Bildet er hentet fra Vegvesenets rapport[23].

til B4 i AvVektor har retning rett ut mot dalen, men i høyde slår AvVektor ikke ut på noen andre punkter enn B1. Det er for eksempel ikke signifikant bevegelse i høyde på punktet B6 i følge AvVektor. Grunnlagstesten slår ut på så godt som alle punktene, men B4 og B6 ser ut til å være i en klasse for seg, da disse to punktene ligger øverst på alle testgjennomkjøringene. Nivellementet slår fast at det er høydeforskjell på 5 mm mellom B6 og B7 mellom 2003 og 2004. Nivellementet slår også fast at det ikke er høydeforskjell i strekningen over den åpne sprekken litt lenger inne på platået (mellom N1 og N2). Sett bort fra B4 og B6 ser det ikke ut til å være noen bevegelse på Børa.

4.3 Geoelektrikk

Det er et klart sprekkesystem på Børa, hvor sprekken åpner og lukker seg langs hele platakanten. Geoelektrikk ble tatt i bruk for å finne ut om sprekken også fortsetter nedover i fjellet, og eventuelt hvor dypt, for å forsøke å få en forståelse av berggrunnen på plataet. De lengste profilene når ca 100-120 meter ned i bakken. Resultatet fra geoelektrikken er fire profiler, tre på tvers av sprekkesonen og ett på langs. Profilene på tvers av sprekkesonen er tatt langs samme strekning: 200 meter inn fra kanten, 400 meter inn fra kanten, og til slutt 800 meter inn fra kanten. Området profilene ligger i endrer seg fra blokkmark med tildels store blokker til lyngvegetasjon.

4.3.1 Profilene

Herunder følger en generell beskrivelse av profilene. Profilene er laget med like intervaller i resistivitet. Det er tatt utgangspunkt i det vi antar er berggrunnsresistiviteten ut fra profilet på langs av sprekken. Profilene er laget med logintervall, og starter på 1000 Ωm .

Profilet på langs av sprekkesonen, 800 meter (1)

Profilet ligger sørøst-nordvest. Elektrodeavstanden er 10 meter og profilet når ned ca 100 meter. Det er foretatt 6 iterasjoner, og RMS-verdien er 14,9.

Profilet viser veldig liten forskjell i resistivitetsverdiene, hvilket kan tyde på relativt homogen berggrunn. I enden av profilet, på rundt 660 m, er et område med svært høye resistivitetsverdier. Dette er høyst sannsynlig blokkmark hvor elektrodene er i dårlig kontakt med bakken.

200metersprofilet (2)

Profilet ligger sørvest-nordøst, fra kanten og 200 meter innover mot plataet (kanten er på 200 m på figur 36). Elektrodeavstanden er 2 meter, og profilet når ned ca 20 meter. Det er foretatt 7 iterasjoner, og RMS-verdien er 2,8.

Det meste av resistivitetsverdiene ligger på den antatte berggrunnsresistiviteten, rundt 40 000 Ωm . Fra 0-70 meter er det veldig høye resistivitetsverdier i overflata, dette kan skyldes at det er et område med mye blokkmark og dårlig feste for elektrodene. De høye resistivitetsverdiene skyldes således luft. Rundt 140 m er det et vertikalt skille i resistivitetsverdiene fra ca 19 000 Ωm på venstre side, til ca 80 000 Ωm på høyre side.

400metersprofilet (3)

Profilet ligger sørvest-nordøst, fra kanten og inn på plataet (kanten er på 400 m på figuren). Elektrodeavstanden er på 10 meter, og profilet når ned ca 60 meter. Det er

foretatt 9 iterasjoner og RMS-verdien er 3,9.

Profilen viser større forskjeller i resistivitetsverdiene enn de to foregående profilene. Profilen viser særs høye resistivitetsverdier fra ca 120-140 m. Dette kan igjen skyldes blokkmark og dårlig kontakt for elektrodene. Det ser ut til at de høye resistivitetsverdiene fra 120-190 m påvirker resultatene lenger ned i profilen. Oppløsningen i profilen er ikke god nok til å gjenkjenne det vertikale skillet fra 200metersprofilen. Det er ingen klare vertikale skiller i dette profilen. Nesten midt nede i profilen ligger en avgrenset boble med relativt høye resistivitetsverdier. Dette kan eventuelt være permafrost.

800metersprofilen (4)

Profilen ligger sørvest-nordøst, fra vannet og ut mot kanten (kanten er på 800 m på figuren). Elektrodeavstanden er 10 meter, og profilen når ned ca 120 meter. Det er foretatt 10 iterasjoner, og RMS-verdien er 2,6.

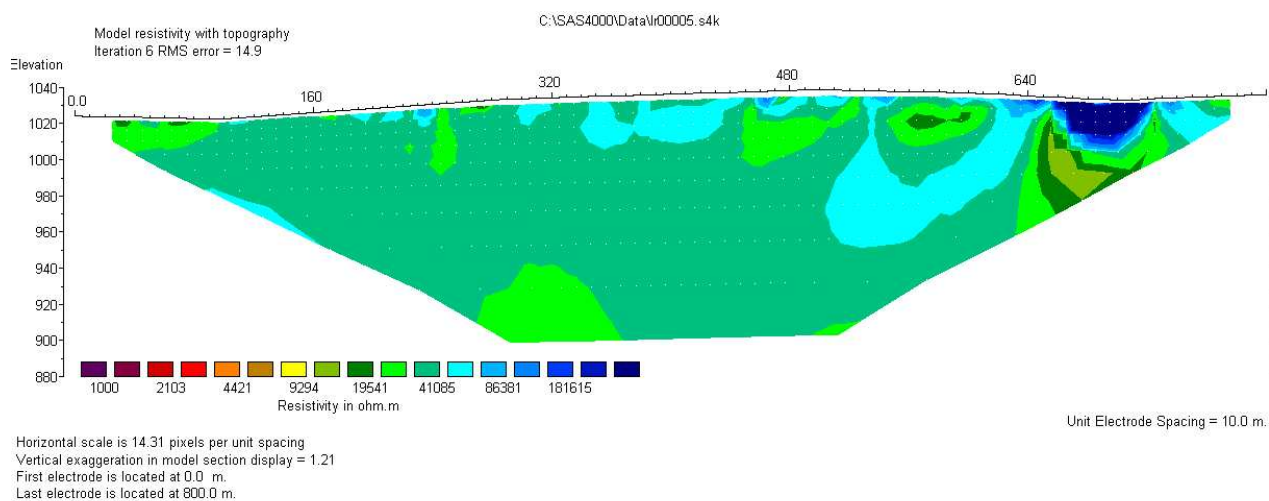
Profilen viser store forskjeller i resistivitetsverdiene, hvilket viser at det er mange strukturer i fjellet på langs av plataet, i forhold til på tvers med plataet (jamfør profilen 1). I dette profilen er det flere interessante momenter. Det mest interessante er det vertikale skillet rundt 450 meter. Kablene til dette profilen krysser enden av den store åpne sprekken, der den fylles igjen (se bilde i figur 34). Det skjer ved ca 500 m. I tillegg er det to områder på hver sin side av det vertikale skillet med relativt høye resistivitetsverdier. Dette er verdier som ligger rundt resistivitetsverdiene for permafrost. Verdiene i overflata av profilen svinger mellom lave verdier mot vest, og høye verdier mot øst. Dette kan skyldes at venstre side av profilen ligger ned mot vannet, hvor bakken er dekket av vegetasjon. Det var svært fuktig den tiden vi var der, hvilket betyr at de lave verdiene innover på plataet tilsvarer jord med stort vanninnhold. Mot kanten er det blokkmark og det var tidvis vanskelig å få elektrodene i fast jord, hvilket førte til høye resistivitetsverdier på grunn av mye luft.

4.3.2 Analyse og diskusjon av geoelektrikk-resultatene

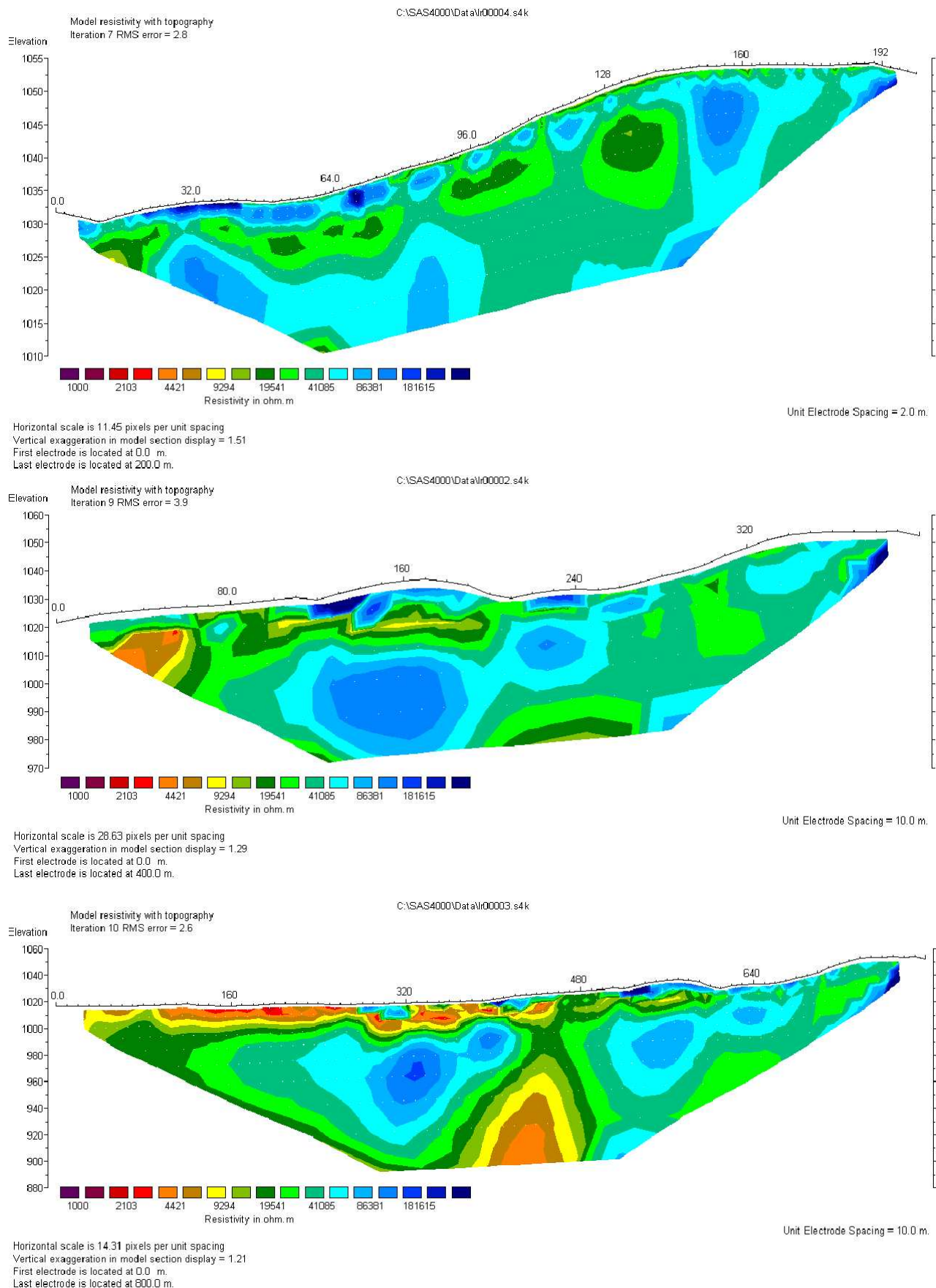
I følge Hauck[9] egner Wenner-konfigurasjonen seg best til å finne vertikale skiller i berggrunnen. Vertikale skiller i profilene vil på Børa være indikasjon på sprekker i berggrunnen. Av profilene er profil 4 (800 m på tvers av sprekken) det mest interessante. Profilen viser et klart vertikalt skille. Skillet går mellom 420 og 480 meter, med verdier som strekker seg fra omkring 19 000 - 87 000 Ωm . Skillet er høyst sannsynlig tegn på en stor sprekke i berggrunnen, og sansynligvis er det fortsettelsen til den store åpne sprekken på fjellplataet. Det er vanskelig å si hvor dyp sprekken er, i følge profilen ser det ut til at den fortsetter videre ned i dypet, og således er dypere enn 120 m. Det er vanskelig å forestille seg hvordan sprekken er nedover i dybden da konfigurasjonen blir mer unøyaktig jo dypere det er (pga færre målepunkter). Resistivitetsverdiene blir



Figur 34: Bildet viser hvordan kabelen (nederst i bildet) krysser sprekken akkurat der den lukkes. Foto: Siri Lajord



Figur 35: Resistivitetsresultatet for profilet på langs av sprekkesonen. Profilet går sørøst-nordvest. (Profil 1)



Figur 36: De tre hovedprofilene fra geoelektrikken på Børa. Det øverste er 200 m profilet (profil 2), det midterste 400 m (profil 3) og det nederste 800 m (profil 4). Alle profilene går fra kanten (t.h.) og innover på plataet. En kan se endel vertikale skiller.

gradvis lavere nedover i sprekkesonen. Dette kan eventuelt tyde på at berggrunnen i sprekkesonen er oppsprukket, og inneholder mye fuktighet.

Profilene viser at det er flere vertikale skiller i profilene på tvers av sprekkesonen enn på langs, da det er større variasjoner i resistivitetsverdiene i disse profilene.

I følge Lars Harald Blikra (foredrag i Oslo Geofysikeres Forening, 2. mars 2005) er det viktig å undersøke muligheten for permafrost i fjellområder med store sprekkesoner og fare for utglidning. Dette fordi eventuell oppvarming og smelting av permafrost kan være en trigger-effekt ved en eventuell utglidning. I geoelektrikkprofilene fra Børa finnes flere områder med resistivitetsverdier rundt verdiene for permafrost. Det er likevel svært usikkert om det virkelig er permafrost i området. Børa ligger på rundt 1000 meter, hvilket trolig er for lavt i forhold til permafrostgrensen i området (Leif Sørbel og Bernt Etzelmüller, muntlig samtale). Middelsestemperaturen tilsier heller ikke at det skal kunne være permafrost på Børa. Gjennomsnittstemperaturen er i underkant av 0°C, og det vil da være noe varmere i bakken (Bernt Etzelmüller, muntlig samtale). Det finnes permafrostformer (steinbreer) ikke langt unna Børaplataået, men det er usikkert om disse er fossile. Landformene kan tyde på at det *kan* finnes permafrost i området, men den vil i såfall være spredt. Mer undersøkelse omkring dette kreves før en kan trekke noen konklusjon.

Områdene med de høye resistivitetsverdiene kan eventuelt også representere berggrunn som er veldig oppsprukket, men ikke vannfylt, og derfor “inneholder” mye luft.

I følge Kearey m.fl.[17] behøves uavhengige geofysiske og geologiske undersøkelser for å bekrefte analyser av geoelektrikkprofiler. Eksemplet med spørsmålet om permafrost viser dette i praksis. Tabell 2 på side 31 viser at det er store overlapp mellom forskjellige typer materialer og deres resistivitetsverdier. Det blir således vanskelig å slå fast noe spesifikt ut fra kun geoelektrikkprofiler. Borehull eller seismikk er metoder en kunne brukt for å bekrefte tolkningen fra geoelektrikkprofilene. Det ble også foretatt seismikkmålinger på Børa under feltturen i august 2004. Disse resultatene ble ikke oversendt oss da de ikke var spesielt gode. Det betyr så at geoelektrikkprofilene i denne studien ikke kan brukes til annet enn å se etter strukturer i profilene. Tolkning av hva som befinner seg i berggrunnen vil forbli kun tolkninger.

5 Konklusjon

Det er i denne studien brukt flere metoder for å undersøke om det er bevegelse på fjellplataet Børa i Møre og Romsdal. Fjellplataet har en sprekkesone som strekker seg over nesten hele plataet, og det var med tanke på utglidning av steinmassene utenfor sprekkesonen denne studien tok til.

Metodene brukt i denne studien er digital fotogrammetri, relativ statisk GPS, nivelllement og geoelektrikk. I tillegg er det foretatt to signifikanstester av GPS-dataene.

Studien har to mål: Finne ut om det er bevegelse på fjellplataet ved hjelp av ovennevnte metoder, og redegjøre for hvorvidt ovennevnte metoder egner seg til dette formålet.

Bevegelse

Resultatene fra fotogrammetrien tyder på at det ikke har vært bevegelse på Børa i løpet av de om lag 30 årene som er mellom bildeseriene. Bevegelsesmåling med programmet CIAS kunne kun måle signifikant bevegelse på over 40 cm i vårt tilfelle. Det er ikke mulig å se noen trend i resultatene, og det forekom en stor andel feilmatching. Dette kan ha forskjellige årsaker, for eksempel at det var en god del snø i det ene bildeparet.

GPS-resultatene viser at det antakeligvis er bevegelse i punktene B6 og B4, og at det høyst sannsynlig ikke finnes signifikant bevegelse i de andre punktene i vektornettet.

Måling med relativ statisk GPS skal gi nøyaktighet på rundt 5mm+1ppm. Sammenligning av vektorer og koordinater fra de forskjellige målingene viser at differansene ligger tett opp til metodens nøyaktighet, og det er vanskelig å slå fast om differanseverdiene er signifikante. Til å undersøke dette ble det brukt to tester, AvVektor, og grunnlagstest. De to testene har noe forskjellig resultat. AvVektor fastslår med 99% sannsynlighet at B4 er signifikant forskjellig i grunnriss, mens grunnlagstesten slår ut på nesten samtlige punkter. I resultatene fra grunnlagstesten er det likevel en klar forskjell mellom punktene B4 og B6, som ligger øverst på alle tabellene, og resten av punktene testen slår ut på.

Nivelllement måler høydeforskjell mellom to punkter med nøyaktighet på under en millimeter. Det ble nivellert over to strekninger, resultatene viser at høydeforskjellen mellom punktene B6 og B7 synker med ca 5 mm.

Metodene

Ved hjelp av fotogrammetri ville vi forsøke å detektere bevegelse over en lengre tids-

periode. Det viste seg at fotogrammetri-resultatene ble for grove, med for dårlig oppløsning. Børa er et vanskelig område å lage terrengmodell i, grunnet den bratte fjellsiden på over 1000 meter, snødekte bilder, og skygger i sprekkesonene og nedover fjellsiden. CIAS er et program for å måle bevegelse, og ser ut til å fungere fint til målinger på for eksempel isbreer og steinbreer, men det fungerer dårlig når det tilsynelatende ikke er bevegelse.

Målinger i 2003 og 2004 med relativ statisk GPS har gitt gode resultater i denne studien. Punktene har svært god punktmiddelfeil og det er laget et sterkt og solid vektornett. Det viser seg at det ikke kan settes en fast grense for hvorvidt differansene er signifikante eller ikke, og tester som AvVektor og grunnlagstest bør utføres i tilfeller hvor differanse-verdiene ligger tett rundt metodens nøyaktighetsnivå.

Nivellement er en metode med god nøyaktighet når en måler over korte avstander. Metoden kan brukes til å verifisere GPS-målinger.

Geoelektrikk ble i denne studien tatt i bruk for å få et innblikk i hvordan berggrunnen og andre forhold er nedover i bakken. Resultatene gir rom for tolkninger, som ikke kan bekreftes med mindre en har data fra andre type målinger i tillegg. Resultatene fra 800 m-profilen på tvers av sprekkesonen viser et vertikalt skille omtrent midt i profilen. Dette kan tyde på at den åpne sprekken på Børa fortsetter nedover i berggrunnen, og er minst 130 meter dyp.

Videre arbeid

Denne studien viser at det er svært lite sannsynlig at det er bevegelser på fjellplatået Børa, med mulig unntak av punktene B4 og B6. Det kunne likevel vært spennende å utført GPS-målinger igjen om noen år, og kanskje nivellert over noen flere strekninger. Gjennomføring av det siste planlagte geoelektrikkprofilen på tvers av sprekkesonen lenger nord ville vært interessant, samtidig som det behøves supplerende målinger til dette. Slike data ville gitt verdifulle opplysninger om hvorvidt sprekken nedover i bakken fortsetter nordover i platået. Det kunne også vært interessant i forhold til diskusjonen om hvorvidt det finnes permafrost på Børaplatået.

Ingen vet foreløpig noe om når sprekken på Børa ble dannet, hvordan de ble til eller hvorfor de er der. Dette er viktige spørsmål det kunne vært spennende å få svar på. Svar på dette kan også bidra til større forståelse rundt andre slike komplekse og kanskje meget farlige sprekkesystemer.

Referanser

- [1] Ø. Andersen, G. Brånå og S. E. Lønnum. *Fotogrammetri*. NKI, 2. utgave, 1991.
- [2] Ø. Andersen. 0.06‰ eller 0.60‰? Fremstilling av terrenghøyder ved digital fotogrammetri. Foredrag på Fotogrammetridagene 1997, 1997.
- [3] B. Barstad. Datafangst for terrengmodellering med Digital fotogrammetri. Foredrag på Forum for fotogrammetri og fjernanalyse, 1998.
- [4] A. E. Bjørnstad. Saktegående massebevegelser, analyse og visualisering av bevegelsesvektorer. Hovedfagsoppgave, Universitetet i Oslo, 1999.
- [5] L. E. Blankenberg. Produksjon av digitale ortofoto - Prinsipper og metoder. Foredrag til Kartdagene, 1998.
- [6] L. H. Blikra. *Fjellskred*. NGU, <http://www.ngu.no/>, 2002. www-dokument.
- [7] A. Braathen, L. H. Blikra, S. S. Berg og F. Karlsen. Rock-slope failures in Norway; type, geometry, deformation mechanisms and stability. *Norwegian Journal of Geology*, 84:67-88, 2004.
- [8] T. Eiken. *Kompendium i landmåling*. Geografisk institutt, UiO, folk.uio.no/treiken/GEG2210/kap-6.pdf, 2. utgave, 1999. www-dokument.
- [9] C. Hauck. *Geophysical methods for detecting permafrost in high mountains*. Nr 171. Mittlungen der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie der ETH Zürich, 2001.
- [10] B. Hofmann-Wellenhof og H. Lichtenegger. *Global Positioning System, Theory and Practice*. Springer-Verlag Wien, 5. utgave, 2001.
- [11] I. M. Johansen og Ø. Andersen. En innføring i Digital Fotogrammetri til kartleggingsformål. Norges Landbukshøgskole, Institutt for kartfag, 1998.
- [12] P. Julien. Principles of digital matching. I O. Kölbl, redaktør, *Proceedings of the OEEP-Workshop on automation in digital photogrammetric production*, side 161-172. Bundesamt für Kartographie und Geodäsie, Frankfurt am Main, 1999.
- [13] A. Kääb og M. Vollmer. Surface geometry, thickness changes and flow fields on creeping mountain permafrost: Automatic extraction by digital image analysis. *Permafrost and Periglacial Processes*, 11:315-326, 2001.
- [14] A. Kääb. Photogrammetry for early recognition of high mountain hazards: New techniques and applications. *Physics and Chemistry of the Earth*, 25(9):765-770, 2000.

- [15] A. Kääb. Monitoring high-mountain terrain deformation from repeated air- and spaceborne optical data: examples using digital aerial imagery and ASTER data. *ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing*, 57:39–52, 2002.
- [16] S. Kartverk. *Satellittbasert posisjonsbestemmelse*. <http://www.statkart.no/standard/satellitt/>, juni 2000. www-dokument.
- [17] P. Kearey, M. Brooks og I. Hill. *An Introduction to Geophysical Exploration*. Blackwell Science Ltd, 3. utgave, 2002.
- [18] O. Koefoed. *Geosounding Principles, 1 Resistivity Sounding Measurements*, bind 14A. Elsevier Scientific Publishing Company, 1979.
- [19] P. Krzystek. Fully automatic measurement of digital elevation models with Match-T. I *Proceedings of the 43rd Photogrammetric Week*, bind 15, side 203–213, Stuttgart, 1991.
- [20] M. H. Loke. *Electrical imaging surveys for environmental and engineering studies, A practical guide to 2-D and 2-D surveys*. <http://www.terrajp.co.jp/lokenote.pdf>, 1999. www-dokument.
- [21] P. Mora, P. Baldi, G. Casula, M. Fabris, M. Ghirotti, E. Maxxini og A. Pesci. Global Positioning Systems and digital photogrammetry for the monitoring of mass movements: application to the Ca' di Malta landslide (northern Apennines, Italy). *Engineering Geology*, 68:103–121, 2003.
- [22] J. A. Nygaard. Prosjekt: Utgliding Børa, GPS-måling. Rapport, Statens Vegvesen, Møre og Romsdal, 1999.
- [23] J. A. Nygaard. Prosjekt: Utgliding Børa, GPS-måling 2001. Rapport, Statens Vegvesen, Møre og Romsdal, 2001.
- [24] J. L. Sollied og K. Kristiansen. Raumavassdraget kvartærgeologi og geomorfologi 1:80 000. Geografisk institutt, Universitetet i Oslo, 1984.
- [25] T. Strozzi, A. Kääb og R. Frauenfelder. Detecting and quantifying mountain permafrost creep from *in situ* inventory, space-borne radar interferometry and airborne digital photogrammetry. *International Journal of Remote Sensing*, 25(15):2919–2931, 2004.
- [26] O. E. Tveito, I. Hanssen-Bauer, E. J. Førland og R. E. Benestad. Regionalization of Norwegian precipitation. Proc. ECAC2000, 3rd European Conference on Applied Climatology, Pisa 16.-20.10.2000, 2000.

- [27] http://appliedgeophysics.berkeley.edu:7057/dc/dcem/{_}bar.html.
www-dokument, September 2003.
- [28] [http://met.no/more_og_romsdal/normaler_for_kommune_1539.html?](http://met.no/more_og_romsdal/normaler_for_kommune_1539.html?kommuner)
kommuner. www-dokument, januar 2004.
- [29] <http://ngis2.statkart.no/norgesglasset/default.html>. www-dokument,
august 2004.
- [30] <http://www.geophysics.co.uk/mets2.html>. www-dokument, juli 2001.
- [31] <http://www.nve.no>. www-dokument, april 2003.
- [32] US Coast Guard Navigation Center, <http://www.navcen.uscg.gov/pubs/gps/gpsuser/gpsuser.pdf>. *Navstar GPS user equipment introduction*. www-dokument.
- [33] O. Øvstedal. Litt om Global Positioning System (GPS). Kompendium, 1991.
- [34] O. Øvstedal. Nye instrumenter og ny teknologi. NKTF kurs: Grunnlagsnett, 1994. Institutt for Landmåling, NLH.

6 Vedlegg

Vedleggsoversikt:

A Orienteringsparametre

Viser orienteringsparametre for absolutt- og relativorienteringen til det samlede fotogrammetriprosjektet.

B Bildeplott

Viser de to bildeplottene fra 1974 og 2003.

C Flybilder

Viser alle flybildene brukt i studien.

D Resultatvektorer fra Pinnacle

Oversikt over resultatvektorene fra prosseseringen i Pinnacle.

E Utjevnings-dokfiler

DOK-filene fra utjevningen av alle vektorenettene i VG-Land.

F Grunnlagstest-dokfiler

DOK-filene fra grunnlagstestene i VG-land.

G Nivellementsdataene

Dataene fra nivelleringen.

A Orienteringsparametre

Absoluttorienteringsparametre:

Photo-T Parameters and Results for Project 1973

PhotoT Triangulation Options

Adjustment Mode : Absolute
 Precision Computation : Disabled
 Error Detection : Disabled
 Camera Calibration : Enabled
 Self-Calibration : Enabled
 Given EO/GPS : Disabled
 Antenna Offsets : Disabled
 GPS Shift/Drift Correction : Disabled
 INS Shift/Drift Correction : Disabled

Parameters

	Parameter	X/Omega	Y/Phi	Z/Kappa	XY
	RMS Control	1.969	1.380	0.505	1.700
	RMS Check				
	RMS Limits	1.000	1.000	1.000	
Max	Ground Residual	3.936	2.753	1.274	
	Residual Limits	1.000	1.000	1.000	
Mean Std Dev	Object				
	RMS Photo Position				
	RMS Photo Attitude				
Mean Std Dev	Photo Position				
Mean Std Dev	Photo Attitude				

Key Statistics

Sigma: 6.2 um
 Number of iterations: 4
 Degrees of Freedom: 280

Solution outside of RMS tolerance.
 Solution outside of residual tolerance.

Current Count

Control Points Used: 8
 Check Points Used: 0
 Photos Used: 7
 Photos Not Used: 0
 Image Points Used: 290

Cameras used: (2).

Camera Id	Lens	Distortion
RMK		On
Uag473		On

Project Settings

Linear Units: Meters
 Angular Units: Degrees
 Atm Refraction: On
 Earth Curvature: On

Exterior Orientation

Strip Id	Photo Id	X	Y	Z	Omega	Phi	Kappa	Status
03	101	437150.050	6926083.964	3039.837	-0.148	0.707	-46.778	Used
03	102	437957.000	6925278.400	3036.320	0.352	0.583	-46.733	Used
03	103	438820.099	6924418.509	3036.282	-0.814	0.031	-46.634	Used
03	104	439658.501	6923595.049	3037.387	-1.832	-0.255	-46.493	Used
1973	465001F1	435644.495	6923811.204	3379.537	1.553	-0.502	-92.133	Used
1973	465002F1	436882.250	6923769.051	3388.623	-1.668	-0.205	-91.098	Used
1973	465003F1	438268.119	6923747.912	3374.722	-0.411	-0.310	-90.495	Used

Relativorienteringsparametre:

Photo-T Parameters and Results for Project 1973

PhotoT Triangulation Options

Adjustment Mode : Relative
 Precision Computation : Disabled
 Error Detection : Disabled
 Camera Calibration : Disabled
 Self-Calibration : Disabled
 Given EO/GPS : Disabled
 Antenna Offsets : Disabled
 GPS Shift/Drift Correction : Disabled
 INS Shift/Drift Correction : Disabled

Parameters

	Parameter	X/Omega	Y/Phi	Z/Kappa	XY
	RMS Control				
	RMS Check				
	RMS Limits	1.000	1.000	1.000	
Max	Ground Residual				
	Residual Limits	1.000	1.000	1.000	
Mean Std Dev	Object				
	RMS Photo Position				
	RMS Photo Attitude				
Mean Std Dev	Photo Position				
Mean Std Dev	Photo Attitude				

Key Statistics

Sigma: 5.6 um
 Number of iterations: 1
 Degrees of Freedom: 272

Solution Successful.

Current Count

Control Points Used: 0
 Check Points Used: 0
 Photos Used: 7
 Photos Not Used: 0
 Image Points Used: 290

Cameras used: (2).

Camera Id	Lens	Distortion
RMK		On
Uag473		On

Project Settings

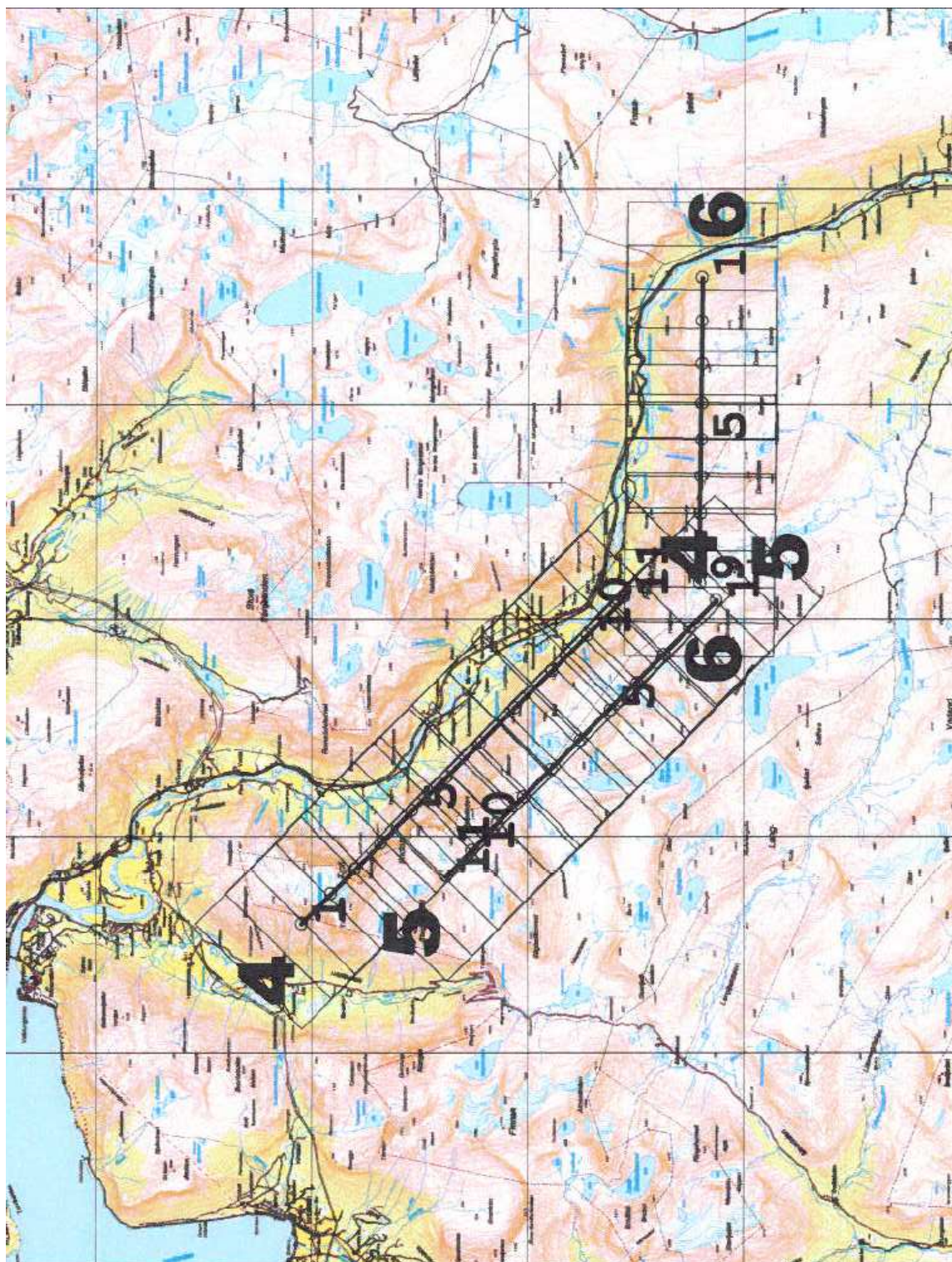
Linear Units: Meters
 Angular Units: Degrees
 Atm Refraction: On
 Earth Curvature: On

Exterior Orientation

Strip Id	Photo Id	X	Y	Z	Omega	Phi	Kappa	Status
03	101	-34.820	86.407	141.542	-0.169	0.699	-46.777	Used
03	102	21.213	30.475	141.320	0.338	0.583	-46.732	Used
03	103	81.144	-29.234	141.320	-0.817	0.041	-46.633	Used
03	104	139.359	-86.407	141.383	-1.826	-0.237	-46.490	Used
1973	465001F1	-139.355	-71.403	165.120	1.554	-0.523	-92.131	Used
1973	465002F1	-53.410	-74.330	165.772	-1.665	-0.214	-91.097	Used
1973	465003F1	42.819	-75.794	164.813	-0.408	-0.307	-90.494	Used

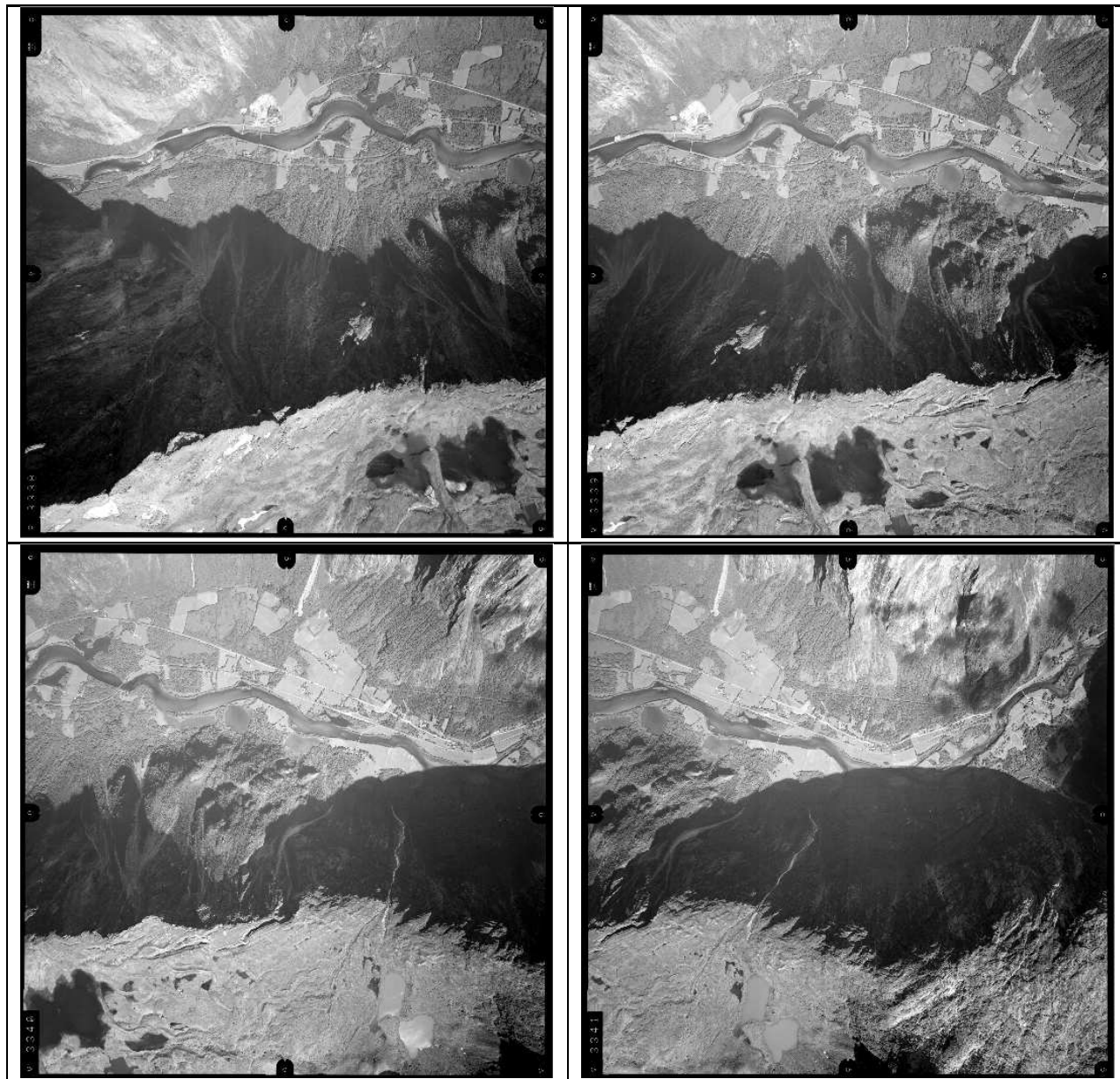
B Bildeplott

Bildeplott fra 2003

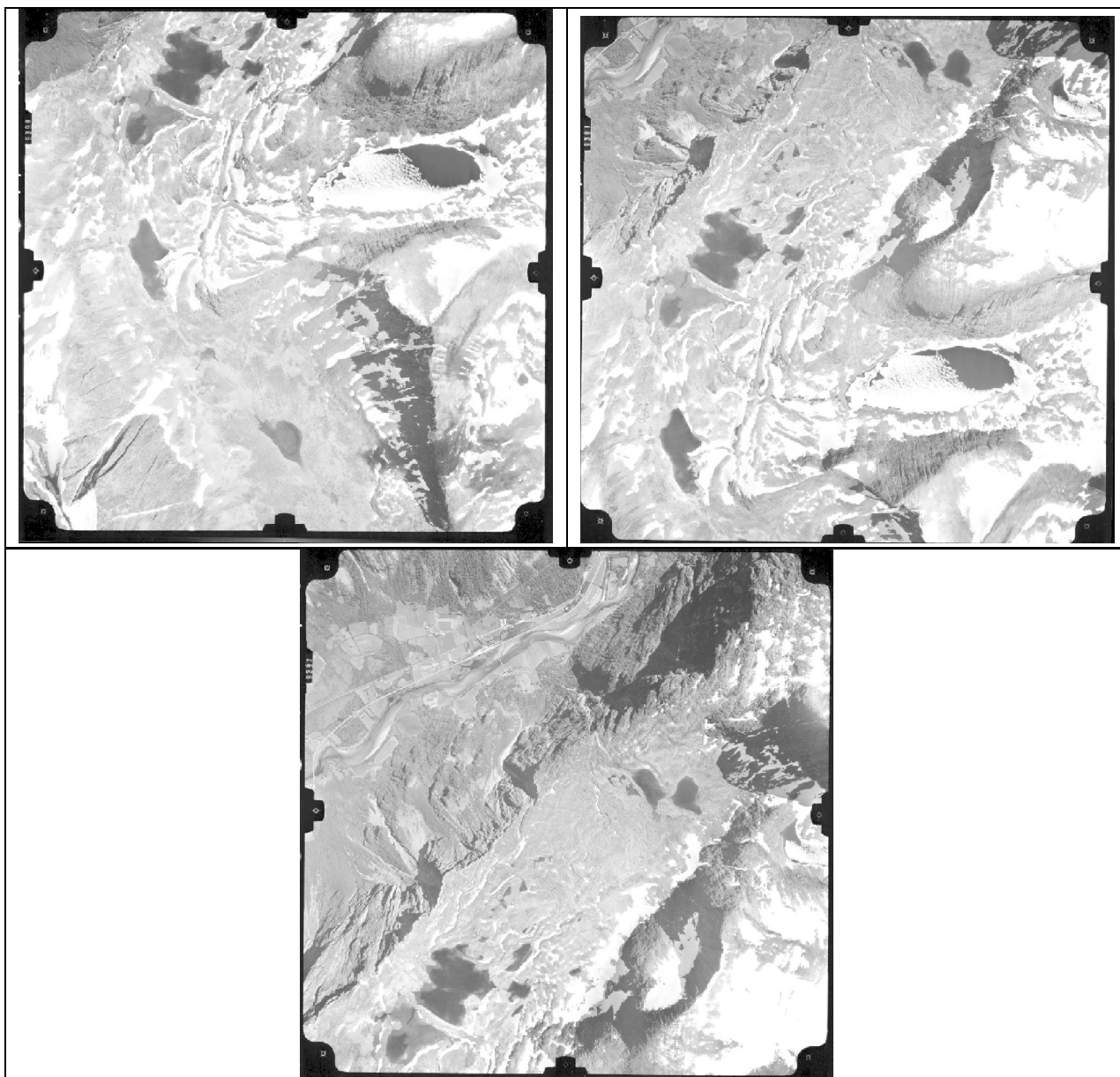


C Flybilder

Flybildene fra 2003:



Flybildene fra 1974:



D Resultatvektorer fra Pinnacle

Vektorberegningene for målingene fra 2004:

Solution 'New Solution' PROCESSED VECTORS (X-Y-Z)											
	Stations	Coordinates (m)				Sigmas (mm)			Corr, (%)		
	from - to	X	Y	Z	Length	s(X)	s(Y)	s(Z)	X-Y	X-Z	Y-Z
1	B4-B1	160.2762	274.9759	-104.8657	335.1075	0.5	0.3	0.9	6	61	19
2	B4-B8	33.3632	-123.5673	-24.9027	130.3922	0.5	0.3	0.9	4	39	12
3	B4-BN3	462.2334	830.379	-381.2365	1023.9776	0.7	0.3	1.2	22	75	32
4	B4-B8(2)	33.3636	-123.5686	-24.9007	130.3931	0.8	0.5	1.7	-12	64	-38
5	B4-B1	313.219	159.5531	-198.3003	403.5918	0.7	0.5	1.1	-21	37	-11
6	B4-B5	-31.9369	-62.2471	22.2755	73.4226	0.5	0.3	1.1	-17	69	-29
7	B4-B2	261.5552	212.0019	-171.5793	377.8828	0.5	0.3	0.9	8	43	21
8	B9-B7	-13.6501	19.6086	8.3631	25.3133	0.5	0.3	1	28	43	35
9	B9-B11	-118.1463	-423.457	71.2542	445.3668	0.6	0.3	0.9	8	59	-5
10	B9-B6	-44.0599	33.778	23.7759	60.3948	0.4	0.3	1.1	23	44	31
11	B9-B12	-183.079	-486.3394	101.7647	529.5281	0.6	0.3	0.9	5	66	-4
12	B9-B10	-151.7539	-237.3988	86.1081	294.6219	0.6	0.3	0.9	27	60	24
13	B9-BNFP	170.4651	-927.8133	-19.1501	943.5373	1	0.5	1.4	3	41	-10
14	BN2-BN1	12.492	117.1724	-9.6104	118.2276	0.5	0.3	1.1	7	67	31
15	B8-B1	126.9151	398.5432	-79.9607	425.8379	0.8	0.6	1.6	7	49	14
16	B8-B1	279.8531	283.12	-173.3995	434.2144	0.8	0.6	1.4	-15	38	-21
17	B8-B2	228.1913	335.569	-146.6776	431.4999	0.6	0.4	1	-2	44	9
18	BN3-B1	-301.9571	-555.4032	276.3686	689.9496	0.7	0.3	1.2	17	73	30
19	B8-B6	-99.1934	-24.6736	61.3204	119.1987	0.5	0.4	1.2	1	59	-21
20	B8-B9	-55.1339	-58.4513	37.5413	88.6885	0.7	0.5	0.9	40	58	8
21	B8-B7	-68.7836	-38.8433	45.9022	91.3619	0.6	0.4	0.9	24	58	2
22	B7-B6	-30.4096	14.1694	15.4136	36.9201	0.4	0.3	1	36	46	38
23	B11-B12	-64.9323	-62.8827	30.5109	95.401	0.6	0.3	0.8	8	64	-2
24	B11-B10	-33.6093	186.0581	14.8517	189.6518	0.6	0.3	1	12	73	6
25	B11-BNFP	288.6148	-504.3573	-90.4037	588.0881	0.9	0.4	1.1	3	42	-17
26	B5-B6	-33.8935	-85.9936	14.1388	93.5071	0.4	0.3	1	25	55	-1
27	B5-B9	10.1665	-119.7717	-9.6371	120.5881	0.6	0.5	0.9	45	57	13
28	B5-B8	65.2996	-61.3203	-47.1793	101.2428	0.5	0.3	0.9	16	56	-2
29	B5-B7	-3.484	-100.1637	-1.2775	100.2325	0.5	0.4	0.9	30	57	9
30	B12-BNFP	353.548	-441.4755	-120.9123	578.3741	1	0.4	1.3	11	48	0
31	B10-B2	-327.9777	-722.5321	506.9088	941.583	0.6	0.3	1.1	10	62	26
32	B10-BN1	-315.4843	-605.3604	497.3069	844.5743	0.7	0.3	1.3	20	70	38
33	B2-B1	-101.279	62.9743	66.7133	136.6523	0.6	0.3	1	-4	53	18
34	B2-BN3	200.6816	618.3762	-209.6503	683.0926	0.8	0.4	1.4	14	62	37
35	B2-B1	51.6632	-52.4495	-26.7212	78.3202	0.7	0.4	1	-16	44	-16
36	TP-B1	53.5391	-2.115	-39.5983	66.6253	0.6	0.3	1	22	81	29
37	TP-B4	-106.7358	-277.0911	65.2735	304.0273	0.5	0.3	0.9	15	73	3
38	TP-BN3	355.4956	553.2886	-315.9698	729.618	0.9	0.4	1.5	36	83	43
39	TP-B8	-73.3713	-400.6599	40.3733	409.3186	0.6	0.4	1.3	-9	63	-36
40	TP-B5	-138.6699	-339.3382	87.5542	376.8893	0.4	0.3	1	-5	62	-26
41	B7-B6	-30.4098	14.1696	15.4176	36.922	0.5	0.4	1.3	14	56	-11
42	B7-B9	13.6516	-19.6077	-8.3598	25.3124	0.7	0.5	0.9	41	59	2
43	B10-B7	138.1061	257.0074	-77.742	301.9436	0.6	0.4	1.1	47	45	48
44	B10-B6	107.6938	271.1752	-62.3299	298.3605	0.5	0.4	1.1	49	42	41
45	B10-B12	-31.3194	-248.9409	15.6649	251.3919	0.7	0.4	1.3	20	71	14
46	BNFP-BN2	-650.1992	-32.117	612.1666	893.6098	0.7	0.4	1.2	18	55	38
47	BNFP-BN1	-637.7074	85.0539	602.5578	881.4651	0.8	0.4	1.5	6	58	36
48	BNFP-B10	-322.2204	690.4164	105.257	769.1423	0.7	0.3	1	20	64	29
Mean weight matrix's estimations:						0.6	0.3	1	15	58	12

Vektorberegningene fra målingene i 2003:

Solution 'New Solution' PROCESSED VECTORS (X-Y-Z)											
	Stations	Coordinates (m)				Sigmas (mm)			Corr, (%)		
	from - to	X	Y	Z	Length	s(X)	s(Y)	s(Z)	X-Y	X-Z	Y-Z
1	B10-B6	107.7052	271.1788	-62.3251	298.3668	0.5	0.3	1.2	-17	24	17
2	B10-B7	138.1061	257.0054	-77.7452	301.9426	0.5	0.3	1	-8	49	10
3	B10-B9	151.7579	237.3971	-86.1016	294.6207	0.6	0.3	0.9	19	74	13
4	B11-B10	-33.6063	186.0584	14.8527	189.6516	0.5	0.3	1	35	67	7
5	B11-B12	-64.93	-62.881	30.5133	95.3991	0.5	0.3	0.9	27	42	-3
6	B11-B9	118.1504	423.4555	-71.2493	445.3657	0.8	0.5	1.5	21	71	-4
7	B11-NFP	288.6181	-504.3561	-90.3981	588.0878	1.2	0.4	1.2	-2	3	-1
8	B12-B10	31.3236	248.9396	-15.6602	251.3908	0.7	0.4	1.1	34	66	10
9	B12-NFP	353.544	-441.474	-120.913	578.3706	1.4	0.5	1.8	2	-15	-10
10	B1-B2	101.1998	-62.986	-66.8719	136.6766	0.7	0.4	1.2	8	54	3
11	B1-TP	-53.6205	2.1032	39.4342	66.5931	0.4	0.3	1	14	63	-7
12	B3-B2	-51.6604	52.4477	26.7314	78.3207	0.6	0.4	1.2	-31	33	-10
13	B4-B1	160.3519	274.9898	-104.706	335.1051	0.5	0.3	1	20	64	5
14	B4-B2	261.5503	212.0028	-171.5796	377.88	0.6	0.4	0.9	-7	39	6
15	B4-B3	313.214	159.5552	-198.3042	403.5907	0.6	0.4	1.2	36	57	40
16	B4-B8	33.3567	-123.5631	-24.9027	130.3866	0.5	0.3	0.9	-2	46	13
17	B4-TP	106.731	277.0933	-65.2718	304.0273	0.4	0.3	1	30	71	13
18	B5-B4	31.9425	62.2468	-22.2784	73.4255	0.4	0.4	0.9	5	50	19
19	B5-B6	-33.8859	-85.9896	14.1448	93.5015	0.4	0.3	1	-26	52	4
20	B5-B7	-3.4847	-100.1634	-1.2773	100.2321	0.5	0.3	0.9	10	70	25
21	B5-B7	-3.4843	-100.161	-1.2788	100.2297	0.7	0.5	1.5	-30	82	-42
22	B5-B8	65.2984	-61.316	-47.1801	101.2398	0.4	0.3	1	-14	35	2
23	B5-B8	65.2981	-61.3193	-47.1799	101.2415	0.6	0.4	1.1	-36	71	-39
24	B5-B9	10.1676	-119.7705	-9.6332	120.5867	0.5	0.3	0.9	-12	68	-12
25	B6-B7	30.4014	-14.1738	-15.4203	36.9179	0.6	0.3	1.3	1	74	26
26	B7-B6	-30.4023	14.1733	15.4194	36.918	0.4	0.3	1.1	-12	24	19
27	B7-B9	13.6513	-19.609	-8.3566	25.3121	0.7	0.5	1.3	4	64	13
28	B8-B2	228.1945	335.5648	-146.6768	431.498	0.6	0.4	1.1	-35	39	-11
29	B8-B3	279.8558	283.1179	-173.4022	434.2157	0.7	0.5	1.5	17	57	28
30	B8-B6	-99.1853	-24.6735	61.3249	119.1942	0.6	0.4	1.4	-22	27	-9
31	B9-B7	-13.6511	19.6071	8.3573	25.3107	0.6	0.3	1	2	74	13
32	B9-B7	-13.651	19.6095	8.3557	25.312	0.4	0.4	1	-2	68	6
33	B9-B8	55.1311	58.4511	-37.547	88.6891	0.6	0.4	1	-24	66	-27
34	NFP-B9	-170.4688	927.8125	19.1534	943.5372	0.9	0.5	1.6	-4	53	14
35	TP-B7	-142.1586	-439.5004	86.2732	469.9072	0.4	0.4	1.5	16	74	31
36	TP-B9	-128.5045	-459.1093	77.9187	483.0798	0.4	0.3	1.4	19	71	33
Mean weight matrix's estimations:						0.5	0.3	1	1	59	4

E Utjevnings-dokfiler

2004 med BNFP som gittpunkt:

Oppdrag: 04BNFP

V/G-Land

GITTE KOORDINATER [meter]

PUNKT	N	E	H
BNFP	6924735.066	436467.732	1089.842

NYBESTEMTE KOORDINATER MED MIDLERE FEIL [meter]

PUNKT	N	E	H	sN	sE	sH
B1	6924487.494	437833.081	1094.682	0.001	0.001	0.002
B2	6924376.742	437754.913	1078.002	0.001	0.001	0.002
B3	6924326.443	437695.024	1074.701	0.001	0.001	0.002
B4	6924714.370	437586.702	1096.956	0.001	0.001	0.002
B5	6924761.249	437530.256	1098.170	0.001	0.001	0.002
B6	6924809.371	437450.579	1089.782	0.001	0.000	0.002
B7	6924777.593	437431.829	1089.163	0.001	0.000	0.002
B8	6924690.787	437459.355	1082.422	0.001	0.001	0.002
B9	6924764.499	437410.314	1086.776	0.001	0.000	0.001
B10	6924970.036	437199.599	1078.701	0.001	0.000	0.001
B11	6924959.548	437010.570	1069.284	0.001	0.000	0.001
B12	6925039.201	436958.578	1062.644	0.001	0.000	0.001
BN1	6925559.922	436653.862	1337.179	0.001	0.000	0.002
BN2	6925591.540	436540.101	1332.647	0.001	0.000	0.002
BN3	6924018.457	438333.478	1022.932	0.001	0.001	0.002
TP	6924552.366	437843.644	1105.382	0.001	0.001	0.002

KORRIGERTE OBSERVASJONER, ANTATT MIDLERE FEIL OG RESTFEIL [meter / gon]

Fra	Til	Observasjon	Antatt M	Restfeil
B2	1 B1	R	39.12644	0.00015
B2	1 B1	D	135.560	0.000
B2	1 B1	dH	16.680	0.001
B2	1 B3	R	255.52675	0.00040
B2	1 B3	D	78.210	0.001
B2	1 B3	dH	-3.302	0.001
B2	1 BN3	R	135.29838	0.00006
B2	1 BN3	D	680.517	0.000
B2	1 BN3	dH	-55.065	0.002
B4	1 B1	R	147.37783	0.00007
B4	1 B1	D	334.924	0.000
B4	1 B1	dH	-2.273	0.001
B4	1 B2	R	170.57430	0.00006
B4	1 B2	D	377.210	0.000
B4	1 B2	dH	-18.953	0.001
B4	1 B3	R	182.66505	0.00009
B4	1 B3	D	402.767	0.001
B4	1 B3	dH	-22.254	0.001
B4	1 B5	R	344.12195	0.00028
B4	1 B5	D	73.374	0.000
B4	1 B5	dH	1.211	0.001
B4	1 B8	R	288.34298	0.00022
B4	1 B8	D	129.512	0.000
B4	1 B8	dH	-14.535	0.001
B4	1 BN3	R	147.75649	0.00002
B4	1 BN3	D	1020.769	0.000
B4	1 BN3	dH	-74.025	0.001
B4	2 B8	R	288.34346	0.00034
B4	2 B8	D	129.513	0.000
B4	2 B8	dH	-14.533	0.002
B5	1 B6	R	334.58955	0.00023
B5	1 B6	D	93.081	0.000
B5	1 B6	dH	-8.387	0.001
B5	1 B7	R	310.47595	0.00025
B5	1 B7	D	99.775	0.000
B5	1 B7	dH	-9.008	0.001
B5	1 B8	R	250.19803	0.00024
B5	1 B8	D	99.958	0.000
B5	1 B8	dH	-15.747	0.001
B5	1 B9	R	301.72509	0.00025
B5	1 B9	D	119.986	0.000
B5	1 B9	dH	-11.392	0.001
B7	1 B6	R	33.93547	0.00053

B7	1	B6	D	36.896	0.000	0.001	
B7	1	B6	dH	0.618	0.001	0.002	
B7	1	B9	R	265.19347	0.00152	0.00162	
B7	1	B9	D	25.186	0.000	0.000	
B7	1	B9	dH	-2.384	0.001	-0.002	
B7	2	B6	R	33.93411	0.00084	0.00074	
B7	2	B6	D	36.898	0.000	-0.001	
B7	2	B6	dH	0.621	0.001	-0.002	
B8	1	B1	R	131.71624	0.00011	-0.00003	
B8	1	B1	D	425.439	0.001	0.000	
B8	1	B1	dH	12.266	0.002	-0.005	*
B8	1	B2	R	151.93012	0.00007	-0.00003	
B8	1	B2	D	431.252	0.000	0.001	
B8	1	B2	dH	-4.419	0.001	-0.001	
B8	1	B3	R	163.44886	0.00010	0.00007	
B8	1	B3	D	433.919	0.001	0.001	
B8	1	B3	dH	-7.722	0.001	0.001	
B8	1	B6	R	395.29699	0.00021	-0.00001	
B8	1	B6	D	118.909	0.000	-0.001	
B8	1	B6	dH	7.362	0.001	-0.001	
B8	1	B7	R	380.45140	0.00025	0.00018	
B8	1	B7	D	91.065	0.000	0.000	
B8	1	B7	dH	6.740	0.001	0.001	
B8	1	B9	R	362.62673	0.00028	-0.00019	
B8	1	B9	D	88.535	0.001	-0.000	
B8	1	B9	dH	4.354	0.001	0.001	
B9	1	B6	R	46.55895	0.00037	-0.00060	
B9	1	B6	D	60.288	0.000	0.000	
B9	1	B6	dH	3.005	0.001	0.001	
B9	1	B7	R	65.19419	0.00105	0.00090	
B9	1	B7	D	25.187	0.000	-0.001	
B9	1	B7	dH	2.388	0.001	-0.002	
B9	1	B10	R	349.20791	0.00008	0.00007	
B9	1	B10	D	294.358	0.000	-0.000	
B9	1	B10	dH	-8.073	0.001	-0.003	
B9	1	B11	R	328.89921	0.00006	0.00000	
B9	1	B11	D	444.792	0.000	-0.000	
B9	1	B11	dH	-17.493	0.001	0.000	
B9	1	B12	R	334.78217	0.00005	-0.00004	
B9	1	B12	D	528.703	0.000	-0.000	
B9	1	B12	dH	-24.134	0.001	0.001	
B9	1	BNFP	R	298.01279	0.00006	-0.00007	
B9	1	BNFP	D	943.040	0.001	0.001	
B9	1	BNFP	dH	3.064	0.001	0.001	
B10	1	B6	R	136.25029	0.00010	0.00005	
B10	1	B6	D	297.999	0.000	0.000	*
B10	1	B6	dH	11.080	0.001	0.001	
B10	1	B7	R	144.05270	0.00010	0.00008	
B10	1	B7	D	301.605	0.000	-0.000	
B10	1	B7	dH	10.465	0.001	-0.003	
B10	1	B12	R	317.79073	0.00012	0.00020	
B10	1	B12	D	250.748	0.000	-0.000	
B10	1	B12	dH	-16.051	0.001	-0.006	*
B10	1	BN1	R	352.47383	0.00003	-0.00008	
B10	1	BN1	D	803.615	0.000	-0.001	*
B10	1	BN1	dH	258.482	0.001	-0.003	
B10	1	BN2	R	348.11235	0.00003	0.00002	
B10	1	BN2	D	906.202	0.000	0.002	*
B10	1	BN2	dH	253.944	0.001	0.002	
B11	1	B10	R	96.47126	0.00013	0.00011	
B11	1	B10	D	189.319	0.000	0.000	
B11	1	B10	dH	9.417	0.001	-0.000	
B11	1	B12	R	363.18507	0.00023	0.00000	
B11	1	B12	D	95.120	0.000	-0.000	
B11	1	B12	dH	-6.641	0.001	0.001	
B11	1	BNFP	R	275.03679	0.00008	0.00016	
B11	1	BNFP	D	587.423	0.000	-0.001	
B11	1	BNFP	dH	20.559	0.001	-0.001	
B12	1	BNFP	R	264.68554	0.00008	0.00008	
B12	1	BNFP	D	577.434	0.001	-0.002	*
B12	1	BNFP	dH	27.202	0.001	-0.004	
BN2	1	BN1	R	117.25851	0.00021	-0.00042	
BN2	1	BN1	D	118.075	0.000	-0.001	*
BN2	1	BN1	dH	4.529	0.001	0.002	
BN3	1	B1	R	347.94132	0.00004	0.00004	
BN3	1	B1	D	685.853	0.000	0.000	
BN3	1	B1	dH	71.750	0.001	0.000	
BNFP	1	B10	R	80.22282	0.00004	-0.00007	
BNFP	1	B10	D	768.661	0.000	-0.000	
BNFP	1	B10	dH	-11.139	0.001	-0.002	

BNFP	1	BN1	R	14.12874	0.00003	0.00006	
BNFP	1	BN1	D	845.595	0.001	0.001	
BNFP	1	BN1	dH	247.336	0.002	0.001	
BNFP	1	BN2	R	5.36641	0.00003	0.00001	
BNFP	1	BN2	D	859.526	0.001	0.000	
BNFP	1	BN2	dH	242.806	0.001	-0.000	
TP	1	B1	R	210.27627	0.00028	-0.00008	
TP	1	B1	D	65.726	0.000	-0.000	
TP	1	B1	dH	-10.703	0.001	0.004	*
TP	1	B4	R	335.81326	0.00006	-0.00014	
TP	1	B4	D	303.751	0.000	-0.001	
TP	1	B4	dH	-8.424	0.001	-0.001	
TP	1	B5	R	337.42751	0.00005	-0.00006	
TP	1	B5	D	376.623	0.000	-0.001	
TP	1	B5	dH	-7.207	0.001	-0.004	*
TP	1	B8	R	322.01025	0.00007	-0.00010	
TP	1	B8	D	408.460	0.000	-0.002	*
TP	1	B8	dH	-22.957	0.001	-0.003	
TP	1	BN3	R	152.73911	0.00004	0.00002	
TP	1	BN3	D	724.568	0.000	-0.001	*
TP	1	BN3	dH	-82.456	0.002	0.006	*

STATISTIKK

Antall iterasjoner	:	1
Antall observasjoner retning	:	48
Antall observasjoner avstand	:	48
Antall observasjoner høydeforskjell	:	48
Antall observasjoner	:	144
Antall ukjente grunnrisskoordinater	:	32
Antall ukjente høydekoordinater	:	16
Antall ukjente	:	48
Antall overbestemmelser	:	96
Antall korrelasjoner	:	144
Feilkvadratsum	:	377.37479634
Beregnet std.avvik på vektsevenheten	:	1.9827
Antatt std.avvik på vektsevenheten	:	1.0000

2003 med BNFP som gittpunkt:

Oppdrag: 03BNFP

V/G-Land

GITTE KOORDINATER [meter]

PUNKT	N	E	H
NFP	6924735.066	436467.732	1089.842

NYBESTEMTE KOORDINATER MED MIDLERE FEIL [meter]

PUNKT	N	E	H	sN	sE	sH
B1	6924487.497	437833.078	1094.859	0.001	0.001	0.003
B2	6924376.742	437754.909	1078.001	0.001	0.001	0.003
B3	6924326.440	437695.021	1074.693	0.001	0.001	0.003
B4	6924714.365	437586.696	1096.955	0.001	0.001	0.002
B5	6924761.250	437530.253	1098.166	0.001	0.001	0.002
B6	6924809.367	437450.579	1089.786	0.001	0.001	0.002
B7	6924777.595	437431.827	1089.159	0.001	0.001	0.002
B8	6924690.789	437459.355	1082.417	0.001	0.001	0.002
B9	6924764.502	437410.312	1086.778	0.001	0.001	0.002
B10	6924970.038	437199.598	1078.697	0.001	0.001	0.002
B11	6924959.552	437010.569	1069.278	0.001	0.001	0.002
B12	6925039.204	436958.578	1062.641	0.001	0.001	0.002
TP	6924552.365	437843.641	1105.378	0.001	0.001	0.003

KORRIGERTE OBSERVASJONER, ANTATT MIDLERE FEIL OG RESTFEIL [meter / gon]

Fra	Til	Observasjon	Antatt M	Restfeil
B1	1 B2	R	239.12616	0.00022
B1	1 B2	D	135.562	0.00038
			0.001	0.000

B1	1 B2	dH	-16.857	0.001	-0.000	
B1	1 TP	R	10.27607	0.00030	0.00019	
B1	1 TP	D	65.722	0.000	0.000	
B1	1 TP	dH	10.519	0.001	0.000	
B3	1 B2	R	55.52409	0.00040	0.00061	
B3	1 B2	D	78.210	0.001	-0.000	
B3	1 B2	dH	3.312	0.001	-0.003	
B4	1 B1	R	147.37659	0.00006	-0.00001	
B4	1 B1	D	334.923	0.000	-0.000	
B4	1 B1	dH	-2.096	0.001	-0.000	
B4	1 B2	R	170.57376	0.00008	0.00002	
B4	1 B2	D	377.207	0.000	-0.000	
B4	1 B2	dH	-18.955	0.001	0.001	
B4	1 B3	R	182.66453	0.00006	0.00002	
B4	1 B3	D	402.766	0.000	-0.000	
B4	1 B3	dH	-22.260	0.001	-0.003	
B4	1 B8	R	288.34500	0.00021	0.00019	
B4	1 B8	D	129.506	0.000	-0.000	
B4	1 B8	dH	-14.538	0.001	0.000	
B4	1 TP	R	135.81212	0.00006	0.00005	
B4	1 TP	D	303.751	0.000	-0.000	
B4	1 TP	dH	8.424	0.001	-0.000	
B5	1 B4	R	144.12675	0.00035	0.00027	
B5	1 B4	D	73.377	0.000	-0.001	
B5	1 B4	dH	-1.211	0.001	-0.000	
B5	1 B6	R	334.58798	0.00028	-0.00023	
B5	1 B6	D	93.077	0.000	-0.000	
B5	1 B6	dH	-8.378	0.001	-0.001	
B5	1 B7	R	310.47642	0.00021	-0.00004	
B5	1 B7	D	99.774	0.000	-0.001	
B5	1 B7	dH	-9.008	0.001	0.001	
B5	1 B8	R	250.19609	0.00024	0.00045	
B5	1 B8	D	99.955	0.000	0.001	
B5	1 B8	dH	-15.748	0.001	-0.001	
B5	1 B9	R	301.72547	0.00018	0.00013	
B5	1 B9	D	119.985	0.000	-0.000	
B5	1 B9	dH	-11.388	0.001	0.000	
B5	2 B7	R	310.47579	0.00025	0.00058	
B5	2 B7	D	99.772	0.001	0.002	
B5	2 B7	dH	-9.009	0.002	0.002	
B5	2 B8	R	250.19790	0.00027	-0.00136	*
B5	2 B8	D	99.957	0.000	-0.001	
B5	2 B8	dH	-15.749	0.001	-0.000	
B6	1 B7	R	233.94426	0.00048	-0.00098	
B6	1 B7	D	36.893	0.000	0.000	
B6	1 B7	dH	-0.628	0.001	0.001	
B7	1 B6	R	33.94333	0.00056	-0.00005	
B7	1 B6	D	36.893	0.001	-0.000	
B7	1 B6	dH	0.627	0.001	0.001	
B7	1 B9	R	265.19919	0.00124	-0.00217	
B7	1 B9	D	25.187	0.001	-0.001	
B7	1 B9	dH	-2.382	0.001	0.001	
B8	1 B2	R	151.93081	0.00008	-0.00011	
B8	1 B2	D	431.251	0.000	0.000	
B8	1 B2	dH	-4.417	0.001	0.001	
B8	1 B3	R	163.44944	0.00008	0.00011	
B8	1 B3	D	433.921	0.001	0.001	
B8	1 B3	dH	-7.723	0.002	-0.002	
B8	1 B6	R	395.29622	0.00023	0.00062	
B8	1 B6	D	118.904	0.001	-0.001	
B8	1 B6	dH	7.370	0.001	-0.000	
B9	1 B7	R	65.19580	0.00081	0.00122	
B9	1 B7	D	25.185	0.000	0.001	
B9	1 B7	dH	2.382	0.001	-0.001	
B9	1 B8	R	162.62668	0.00030	-0.00099	*
B9	1 B8	D	88.536	0.000	0.002	*
B9	1 B8	dH	-4.360	0.001	-0.001	
B9	2 B7	R	65.20138	0.00091	-0.00436	*
B9	2 B7	D	25.187	0.000	-0.001	
B9	2 B7	dH	2.381	0.001	-0.000	
B10	1 B6	R	136.25154	0.00013	-0.00013	
B10	1 B6	D	298.005	0.000	-0.000	
B10	1 B6	dH	11.090	0.001	-0.000	
B10	1 B7	R	144.05315	0.00009	0.00001	
B10	1 B7	D	301.604	0.000	-0.000	
B10	1 B7	dH	10.462	0.001	0.000	
B10	1 B9	R	149.20827	0.00007	-0.00006	
B10	1 B9	D	294.356	0.000	0.000	
B10	1 B9	dH	8.081	0.001	0.000	
B11	1 B9	R	128.89946	0.00007	0.00004	

B11	1 B9	D	444.790	0.001	0.000
B11	1 B9	dH	17.499	0.002	0.001
B11	1 B10	R	96.47197	0.00013	-0.00015
B11	1 B10	D	189.319	0.000	0.000
B11	1 B10	dH	9.419	0.001	0.000
B11	1 B12	R	363.18539	0.00021	-0.00015
B11	1 B12	D	95.119	0.000	0.000
B11	1 B12	dH	-6.637	0.001	0.000
B11	1 NFP	R	275.03669	0.00011	-0.00016
B11	1 NFP	D	587.423	0.001	0.001
B11	1 NFP	dH	20.566	0.001	-0.001
B12	1 B10	R	117.79116	0.00012	-0.00005
B12	1 B10	D	250.747	0.000	-0.000
B12	1 B10	dH	16.057	0.001	-0.001
B12	1 NFP	R	264.68567	0.00014	-0.00032
B12	1 NFP	D	577.431	0.001	0.004
B12	1 NFP	dH	27.200	0.002	0.001
NFP	1 B9	R	98.01244	0.00005	0.00012
NFP	1 B9	D	943.040	0.001	-0.001
NFP	1 B9	dH	-3.063	0.002	-0.001
TP	1 B7	R	331.86147	0.00007	-0.00014
TP	1 B7	D	469.381	0.000	0.001
TP	1 B7	dH	-16.220	0.001	0.001
TP	1 B9	R	328.98227	0.00006	0.00008
TP	1 B9	D	482.469	0.000	-0.000
TP	1 B9	dH	-18.599	0.001	-0.002

STATISTIKK

Antall iterasjoner	:	3
Antall observasjoner retning	:	36
Antall observasjoner avstand	:	36
Antall observasjoner høydeforskjell	:	36
Antall observasjoner	:	108
Antall ukjente grunnrisskoordinater	:	26
Antall ukjente høydekoordinater	:	13
Antall ukjente	:	39
Antall overbestemmelser	:	69
Antall korrelasjoner	:	108
Feilkvadratsum	:	283.42957054
Beregnet std.avvik på vektsevenheten	:	2.0267
Antatt std.avvik på vektsevenheten	:	1.0000

2004 med TP som gittpunkt:

Oppdrag: 04TP

V/G-Land

GITTE KOORDINATER [meter]

PUNKT	N	E	H
TP	6924552.366	437843.644	1105.382

NYBESTEMTE KOORDINATER MED MIDLERE FEIL [meter]

PUNKT	N	E	H	sN	sE	sH
B1	6924487.495	437833.081	1094.683	0.000	0.000	0.001
B2	6924376.742	437754.914	1078.003	0.001	0.000	0.001
B3	6924326.443	437695.024	1074.702	0.001	0.001	0.002
B4	6924714.370	437586.702	1096.957	0.000	0.000	0.001
B5	6924761.249	437530.256	1098.170	0.000	0.000	0.001
B6	6924809.371	437450.579	1089.783	0.001	0.000	0.002
B7	6924777.594	437431.830	1089.163	0.001	0.000	0.001
B8	6924690.788	437459.355	1082.422	0.000	0.000	0.001
B9	6924764.500	437410.314	1086.777	0.001	0.001	0.001
B10	6924970.036	437199.599	1078.701	0.001	0.001	0.002
B11	6924959.548	437010.570	1069.284	0.001	0.001	0.002
B12	6925039.202	436958.578	1062.644	0.001	0.001	0.002
BN1	6925559.923	436653.862	1337.179	0.001	0.001	0.002

BN2	6925591.540	436540.101	1332.648	0.001	0.001	0.002
BN3	6924018.457	438333.478	1022.932	0.001	0.000	0.002
BNFP	6924735.066	436467.732	1089.842	0.001	0.001	0.002

KORRIGERTE OBSERVASJONER, ANTATT MIDLERE FEIL OG RESTFEIL [meter / gon]

Fra	Til	Observasjon	Antatt M	Restfeil
B2	1 B1	R	39.12644	0.00015
B2	1 B1	D	135.560	0.000
B2	1 B1	dH	16.680	0.001
B2	1 B3	R	255.52675	0.00040
B2	1 B3	D	78.210	0.001
B2	1 B3	dH	-3.302	0.001
B2	1 BN3	R	135.29838	0.00006
B2	1 BN3	D	680.517	0.000
B2	1 BN3	dH	-55.065	0.002
B4	1 B1	R	147.37783	0.00007
B4	1 B1	D	334.924	0.000
B4	1 B1	dH	-2.273	0.001
B4	1 B2	R	170.57430	0.00006
B4	1 B2	D	377.210	0.000
B4	1 B2	dH	-18.953	0.001
B4	1 B3	R	182.66505	0.00009
B4	1 B3	D	402.767	0.001
B4	1 B3	dH	-22.254	0.001
B4	1 B5	R	344.12195	0.00028
B4	1 B5	D	73.374	0.000
B4	1 B5	dH	1.211	0.001
B4	1 B8	R	288.34298	0.00022
B4	1 B8	D	129.512	0.000
B4	1 B8	dH	-14.535	0.001
B4	1 BN3	R	147.75649	0.00002
B4	1 BN3	D	1020.769	0.000
B4	1 BN3	dH	-74.025	0.001
B4	2 B8	R	288.34346	0.00034
B4	2 B8	D	129.513	0.000
B4	2 B8	dH	-14.533	0.002
B5	1 B6	R	334.58955	0.00023
B5	1 B6	D	93.081	0.000
B5	1 B6	dH	-8.387	0.001
B5	1 B7	R	310.47595	0.00025
B5	1 B7	D	99.775	0.000
B5	1 B7	dH	-9.008	0.001
B5	1 B8	R	250.19803	0.00024
B5	1 B8	D	99.958	0.000
B5	1 B8	dH	-15.747	0.001
B5	1 B9	R	301.72509	0.00025
B5	1 B9	D	119.986	0.000
B5	1 B9	dH	-11.392	0.001
B7	1 B6	R	33.93547	0.00053
B7	1 B6	D	36.896	0.000
B7	1 B6	dH	0.618	0.001
B7	1 B9	R	265.19347	0.00152
B7	1 B9	D	25.186	0.000
B7	1 B9	dH	-2.384	0.001
B7	2 B6	R	33.93411	0.00084
B7	2 B6	D	36.898	0.000
B7	2 B6	dH	0.621	0.001
B8	1 B1	R	131.71624	0.00011
B8	1 B1	D	425.439	0.001
B8	1 B1	dH	12.266	0.002
B8	1 B2	R	151.93012	0.00007
B8	1 B2	D	431.252	0.000
B8	1 B2	dH	-4.419	0.001
B8	1 B3	R	163.44886	0.00010
B8	1 B3	D	433.919	0.001
B8	1 B3	dH	-7.722	0.001
B8	1 B6	R	395.29699	0.00021
B8	1 B6	D	118.909	0.000
B8	1 B6	dH	7.362	0.001
B8	1 B7	R	380.45140	0.00025
B8	1 B7	D	91.065	0.000
B8	1 B7	dH	6.740	0.001
B8	1 B9	R	362.62673	0.00028
B8	1 B9	D	88.535	0.001
B8	1 B9	dH	4.354	0.001
B9	1 B6	R	46.55895	0.00037
B9	1 B6	D	60.288	0.000
B9	1 B6	dH	3.005	0.001

B9	1 B7	R	65.19419	0.00105	0.00090	
B9	1 B7	D	25.187	0.000	-0.001	
B9	1 B7	dH	2.388	0.001	-0.002	
B9	1 B10	R	349.20791	0.00008	0.00008	
B9	1 B10	D	294.358	0.000	-0.000	
B9	1 B10	dH	-8.073	0.001	-0.003	
B9	1 B11	R	328.89921	0.00006	0.00000	
B9	1 B11	D	444.792	0.000	-0.000	
B9	1 B11	dH	-17.493	0.001	0.000	
B9	1 B12	R	334.78217	0.00005	-0.00004	
B9	1 B12	D	528.703	0.000	-0.000	
B9	1 B12	dH	-24.134	0.001	0.001	
B9	1 BNFP	R	298.01279	0.00006	-0.00007	
B9	1 BNFP	D	943.040	0.001	0.001	
B9	1 BNFP	dH	3.064	0.001	0.001	
B10	1 B6	R	136.25029	0.00010	0.00005	
B10	1 B6	D	297.999	0.000	0.001	*
B10	1 B6	dH	11.080	0.001	0.001	
B10	1 B7	R	144.05270	0.00010	0.00008	
B10	1 B7	D	301.605	0.000	-0.000	
B10	1 B7	dH	10.465	0.001	-0.003	
B10	1 B12	R	317.79073	0.00012	0.00020	
B10	1 B12	D	250.748	0.000	-0.000	
B10	1 B12	dH	-16.051	0.001	-0.006	*
B10	1 BN1	R	352.47383	0.00003	-0.00007	
B10	1 BN1	D	803.615	0.000	-0.001	*
B10	1 BN1	dH	258.482	0.001	-0.003	
B10	1 BN2	R	348.11235	0.00003	0.00002	
B10	1 BN2	D	906.202	0.000	0.002	*
B10	1 BN2	dH	253.944	0.001	0.002	
B11	1 B10	R	96.47126	0.00013	0.00010	
B11	1 B10	D	189.319	0.000	0.000	
B11	1 B10	dH	9.417	0.001	-0.000	
B11	1 B12	R	363.18507	0.00023	0.00000	
B11	1 B12	D	95.120	0.000	-0.000	
B11	1 B12	dH	-6.641	0.001	0.001	
B11	1 BNFP	R	275.03679	0.00008	0.00016	
B11	1 BNFP	D	587.423	0.000	-0.001	
B11	1 BNFP	dH	20.559	0.001	-0.001	
B12	1 BNFP	R	264.68554	0.00008	0.00007	
B12	1 BNFP	D	577.434	0.001	-0.002	
B12	1 BNFP	dH	27.202	0.001	-0.004	
BN2	1 BN1	R	117.25851	0.00021	-0.00042	
BN2	1 BN1	D	118.075	0.000	-0.001	*
BN2	1 BN1	dH	4.529	0.001	0.002	
BN3	1 B1	R	347.94132	0.00004	0.00004	
BN3	1 B1	D	685.853	0.000	0.000	
BN3	1 B1	dH	71.750	0.001	0.000	
BNFP	1 B10	R	80.22282	0.00004	-0.00007	
BNFP	1 B10	D	768.661	0.000	-0.000	
BNFP	1 B10	dH	-11.139	0.001	-0.002	
BNFP	1 BN1	R	14.12874	0.00003	0.00005	
BNFP	1 BN1	D	845.595	0.001	0.001	
BNFP	1 BN1	dH	247.336	0.002	0.001	
BNFP	1 BN2	R	5.36641	0.00003	0.00001	
BNFP	1 BN2	D	859.526	0.001	0.000	
BNFP	1 BN2	dH	242.806	0.001	-0.000	
TP	1 B1	R	210.27627	0.00028	-0.00008	
TP	1 B1	D	65.726	0.000	-0.000	
TP	1 B1	dH	-10.703	0.001	0.004	*
TP	1 B4	R	335.81326	0.00006	-0.00014	
TP	1 B4	D	303.751	0.000	-0.001	
TP	1 B4	dH	-8.424	0.001	-0.001	
TP	1 B5	R	337.42751	0.00005	-0.00006	
TP	1 B5	D	376.623	0.000	-0.001	
TP	1 B5	dH	-7.207	0.001	-0.004	*
TP	1 B8	R	322.01025	0.00007	-0.00010	
TP	1 B8	D	408.460	0.000	-0.002	*
TP	1 B8	dH	-22.957	0.001	-0.003	
TP	1 BN3	R	152.73911	0.00004	0.00002	
TP	1 BN3	D	724.568	0.000	-0.001	*
TP	1 BN3	dH	-82.456	0.002	0.006	*

STATISTIKK

Antall iterasjoner	:	4
Antall observasjoner retning	:	48
Antall observasjoner avstand	:	48
Antall observasjoner høydeforskjell	:	48

Antall observasjoner	:	144
Antall ukjente grunnrisskoordinater	:	32
Antall ukjente høydekoordinater	:	16
Antall ukjente	:	48
Antall overbestemmelser	:	96
Antall korrelasjoner	:	144
Feilkvadratsum	:	374.82055297
Beregnet std.avvik på vektstenheten	:	1.9760
Antatt std.avvik på vektstenheten	:	1.0000

2003 med TP som gittpunkt:

Oppdrag: 03TP

V/G-Land

GITTE KOORDINATER [meter]

PUNKT	N	E	H
TP	6924552.366	437843.644	1105.382

NYBESTEMTE KOORDINATER MED MIDLERE FEIL [meter]

PUNKT	N	E	H	sN	sE	sH
B1	6924487.498	437833.081	1094.863	0.001	0.000	0.002
B2	6924376.743	437754.912	1078.005	0.001	0.001	0.002
B3	6924326.442	437695.024	1074.696	0.001	0.001	0.002
B4	6924714.366	437586.700	1096.958	0.000	0.000	0.001
B5	6924761.251	437530.256	1098.170	0.001	0.000	0.002
B6	6924809.368	437450.582	1089.790	0.001	0.000	0.002
B7	6924777.596	437431.830	1089.163	0.001	0.000	0.002
B8	6924690.790	437459.358	1082.421	0.001	0.000	0.002
B9	6924764.503	437410.315	1086.782	0.001	0.000	0.002
B10	6924970.039	437199.601	1078.700	0.001	0.001	0.002
B11	6924959.553	437010.572	1069.281	0.001	0.001	0.002
B12	6925039.205	436958.582	1062.644	0.001	0.001	0.002
NFP	6924735.067	436467.735	1089.846	0.001	0.001	0.003

KORRIGERTE OBSERVASJONER, ANTATT MIDLERE FEIL OG RESTFEIL [meter / gon]

Fra	Til	Observasjon	Antatt M	Restfeil	
B6	2 B7	D	36.893	0.001	-0.000
B6	2 B7	dH	-0.627	0.001	-0.001
B7	1 B9	R	265.19919	0.00124	-0.00219
B7	1 B9	D	25.187	0.001	-0.001
B7	1 B9	dH	-2.382	0.001	0.001
B7	1 TP	R	131.86146	0.00007	-0.00014
B7	1 TP	D	469.381	0.000	0.001
B7	1 TP	dH	16.220	0.001	-0.001
B8	1 B2	R	151.93080	0.00008	-0.00011
B8	1 B2	D	431.251	0.000	0.000
B8	1 B2	dH	-4.417	0.001	0.001
B8	1 B3	R	163.44944	0.00008	0.00011
B8	1 B3	D	433.921	0.001	0.001
B8	1 B3	dH	-7.723	0.002	-0.002
B8	1 B6	R	395.29621	0.00023	0.00062
B8	1 B6	D	118.904	0.001	-0.001
B8	1 B6	dH	7.370	0.001	-0.000
B9	1 B7	R	65.19581	0.00081	0.00120
B9	1 B7	D	25.185	0.000	0.001
B9	1 B7	dH	2.382	0.001	-0.001
B9	1 B8	R	162.62668	0.00030	-0.00101
B9	1 B8	D	88.536	0.000	0.002
B9	1 B8	dH	-4.360	0.001	-0.001
B9	1 TP	R	128.98225	0.00006	0.00008
B9	1 TP	D	482.469	0.000	-0.000
B9	1 TP	dH	18.599	0.001	0.001
B9	2 B7	R	65.20139	0.00091	-0.00438
B9	2 B7	D	25.187	0.000	-0.001
B9	2 B7	dH	2.381	0.001	-0.000
B10	1 B7	R	144.05315	0.00009	0.00001
B10	1 B7	D	301.604	0.000	0.000
B10	1 B7	dH	10.462	0.001	0.000
B10	1 B9	R	149.20827	0.00007	-0.00006

B10	1	B9	D	294.356	0.000	0.000
B10	1	B9	dH	8.081	0.001	0.000
B10	1	B12	R	317.79117	0.00012	-0.00005
B10	1	B12	D	250.747	0.000	-0.000
B10	1	B12	dH	-16.057	0.001	0.001
B11	1	B9	R	128.89947	0.00007	0.00003
B11	1	B9	D	444.790	0.001	0.000
B11	1	B9	dH	17.499	0.002	0.001
B11	1	B10	R	96.47198	0.00013	-0.00014
B11	1	B10	D	189.319	0.000	0.000
B11	1	B10	dH	9.419	0.001	0.000
B11	1	B12	R	363.18539	0.00021	-0.00015
B11	1	B12	D	95.119	0.000	0.000
B11	1	B12	dH	-6.637	0.001	0.000
B11	1	NFP	R	275.03671	0.00011	-0.00016
B11	1	NFP	D	587.423	0.001	0.001
B11	1	NFP	dH	20.566	0.001	-0.001
B12	1	NFP	R	264.68568	0.00014	-0.00031
B12	1	NFP	D	577.431	0.001	0.003
B12	1	NFP	dH	27.200	0.002	0.002
NFP	1	B9	R	98.01244	0.00005	0.00012
NFP	1	B9	D	943.040	0.001	-0.001
NFP	1	B9	dH	-3.063	0.002	-0.001
TP	1	B1	R	210.27606	0.00030	0.00019
TP	1	B1	D	65.722	0.000	0.000
TP	1	B1	dH	-10.519	0.001	-0.000
TP	1	B4	R	335.81212	0.00006	0.00004
TP	1	B4	D	303.751	0.000	-0.000
TP	1	B4	dH	-8.424	0.001	0.000

STATISTIKK

Antall iterasjoner	:	2
Antall observasjoner retning	:	36
Antall observasjoner avstand	:	36
Antall observasjoner høydeforskjell	:	36
Antall observasjoner	:	108
Antall ukjente grunnrisskoordinater	:	26
Antall ukjente høydekoordinater	:	13
Antall ukjente	:	39
Antall overbestemmelser	:	69
Antall korrelasjoner	:	108
Feilkvadratsum	:	283.68225198
Beregnet std.avvik på vektsenheten	:	2.0276
Antatt std.avvik på vektsenheten	:	1.0000

2001 med TP som gittpunkt:

Oppdrag: 01TP

V/G-Land

GITTE KOORDINATER [meter]

PUNKT	N	E	H
D270064	6924552.366	437843.644	1105.382

NYBESTEMTE KOORDINATER MED MIDLERE FEIL [meter]

PUNKT	N	E	H	sN	sE	sH
1	6924487.497	437833.082	1094.868	0.001	0.001	0.002
2	6924376.748	437754.919	1078.001	0.001	0.001	0.002
3	6924326.455	437695.029	1074.694	0.001	0.001	0.002
4	6924714.361	437586.693	1096.965	0.001	0.001	0.002
5	6924761.253	437530.252	1098.169	0.001	0.001	0.002
6	6924809.360	437450.581	1089.796	0.001	0.001	0.003
7	6924777.598	437431.827	1089.169	0.002	0.001	0.005
8	6924690.797	437459.356	1082.420	0.002	0.001	0.003
9	6924764.509	437410.317	1086.772	0.002	0.001	0.005
D270075	6927317.125	437794.276	121.214	0.001	0.001	0.002
D270256	6922968.119	430767.530	915.422	0.001	0.001	0.003

KORRIGERTE OBSERVASJONER, ANTATT MIDLERE FEIL OG RESTFEIL [meter / gon]

Fra	Til	Observasjon	Antatt M	Restfeil
2	1 1	R	39.12620	0.00033
2	1 1	D	135.554	0.001
2	1 1	dH	16.866	0.002
2	2 1	R	39.12620	0.00033
2	2 1	D	135.554	0.001
2	2 1	dH	16.866	0.002
3	1 2	R	55.53085	0.00078
3	1 2	D	78.206	0.001
3	1 2	dH	3.305	0.002
3	2 2	R	55.53085	0.00078
3	2 2	D	78.206	0.001
3	2 2	dH	3.305	0.002
4	1 5	R	344.13372	0.00078
4	1 5	D	73.379	0.001
4	1 5	dH	1.206	0.002
4	2 5	R	344.13372	0.00078
4	2 5	D	73.379	0.001
4	2 5	dH	1.206	0.002
6	1 5	R	134.58261	0.00042
6	1 5	D	93.068	0.001
6	1 5	dH	8.375	0.002
6	1 7	R	233.95007	0.00372
6	1 7	D	36.885	0.002
6	1 7	dH	-0.628	0.006
6	2 5	R	134.58261	0.00042
6	2 5	D	93.068	0.001
6	2 5	dH	8.375	0.002
6	2 7	R	233.95007	0.00372
6	2 7	D	36.885	0.002
6	2 7	dH	-0.628	0.006
7	1 9	R	265.19700	0.00804
7	1 9	D	25.179	0.002
7	1 9	dH	-2.399	0.009
7	2 9	R	265.19700	0.00804
7	2 9	D	25.179	0.002
7	2 9	dH	-2.399	0.009
8	1 3	R	163.44828	0.00024
8	1 3	D	433.924	0.003
8	1 3	dH	-7.728	0.003
8	1 9	R	362.62946	0.00140
8	1 9	D	88.543	0.002
8	1 9	dH	4.343	0.007
8	2 3	R	163.44828	0.00024
8	2 3	D	433.924	0.003
8	2 3	dH	-7.728	0.003
8	2 9	R	362.62946	0.00140
8	2 9	D	88.543	0.002
8	2 9	dH	4.343	0.007
D270064	1 1	R	210.27629	0.00092
D270064	1 1	D	65.727	0.001
D270064	1 1	dH	-10.514	0.003
D270064	1 4	R	335.81105	0.00020
D270064	1 4	D	303.753	0.001
D270064	1 4	dH	-8.411	0.002
D270064	1 D270075	R	398.86338	0.00002
D270064	1 D270075	D	2765.204	0.001
D270064	1 D270075	dH	-984.175	0.003
D270064	1 D270256	R	285.97811	0.00003
D270064	1 D270256	D	7251.298	0.003
D270064	1 D270256	dH	-189.959	0.008
D270064	2 1	R	210.27629	0.00092
D270064	2 1	D	65.727	0.001
D270064	2 1	dH	-10.514	0.003
D270064	2 4	R	335.81105	0.00020
D270064	2 4	D	303.753	0.001
D270064	2 4	dH	-8.411	0.002
D270075	1 1	R	199.12697	0.00002
D270075	1 1	D	2829.893	0.001
D270075	1 1	dH	973.655	0.003
D270075	1 2	R	200.85208	0.00002
D270075	1 2	D	2940.640	0.002
D270075	1 2	dH	956.785	0.003
D270075	1 3	R	202.11190	0.00003
D270075	1 3	D	2992.314	0.003
D270075	1 3	dH	953.477	0.004
D270075	1 4	R	205.06668	0.00002

D270075	1 4	D	2611.033	0.002	-0.004	
D270075	1 4	dH	975.750	0.003	0.002	
D270075	1 5	R	206.55312	0.00004	-0.00001	
D270075	1 5	D	2569.465	0.002	0.008	*
D270075	1 5	dH	976.940	0.005	0.016	*
D270075	1 6	R	208.67100	0.00004	0.00001	
D270075	1 6	D	2531.209	0.002	-0.001	
D270075	1 6	dH	968.592	0.005	-0.010	
D270075	1 7	R	209.02514	0.00004	-0.00006	
D270075	1 7	D	2565.263	0.002	-0.001	
D270075	1 7	dH	967.962	0.008	-0.006	
D270075	1 8	R	208.07487	0.00002	-0.00002	
D270075	1 8	D	2647.594	0.002	0.003	
D270075	1 8	dH	961.202	0.004	0.005	
D270075	1 9	R	209.50463	0.00003	0.00003	
D270075	1 9	D	2581.334	0.002	-0.003	
D270075	1 9	dH	965.563	0.006	-0.005	
D270075	1 D270064	R	198.86338	0.00002	-0.00001	
D270075	1 D270064	D	2765.204	0.001	-0.003	
D270075	1 D270064	dH	984.176	0.003	-0.007	
D270075	1 D270256	R	264.71749	0.00002	-0.00001	
D270075	1 D270256	D	8263.720	0.002	-0.003	
D270075	1 D270256	dH	794.209	0.006	-0.000	
D270075	2 1	R	199.12696	0.00002	0.00002	
D270075	2 1	D	2829.893	0.001	0.002	
D270075	2 1	dH	973.654	0.003	0.001	
D270075	2 2	R	200.85208	0.00002	-0.00000	
D270075	2 2	D	2940.640	0.002	0.001	
D270075	2 2	dH	956.784	0.003	0.003	
D270075	2 3	R	202.11190	0.00003	-0.00001	
D270075	2 3	D	2992.314	0.003	0.003	
D270075	2 3	dH	953.476	0.004	0.005	
D270075	2 4	R	205.06668	0.00002	-0.00006	
D270075	2 4	D	2611.033	0.002	-0.004	
D270075	2 4	dH	975.749	0.003	0.002	
D270075	2 5	R	206.55312	0.00004	-0.00001	
D270075	2 5	D	2569.465	0.002	0.008	*
D270075	2 5	dH	976.939	0.005	0.016	*
D270075	2 6	R	208.67099	0.00004	0.00001	
D270075	2 6	D	2531.209	0.002	-0.001	
D270075	2 6	dH	968.591	0.005	-0.009	
D270075	2 7	R	209.02514	0.00004	-0.00005	
D270075	2 7	D	2565.263	0.002	-0.001	
D270075	2 7	dH	967.961	0.008	-0.005	
D270075	2 8	R	208.07487	0.00002	-0.00002	
D270075	2 8	D	2647.594	0.002	0.003	
D270075	2 8	dH	961.201	0.004	0.005	
D270075	2 9	R	209.50463	0.00003	0.00003	
D270075	2 9	D	2581.334	0.002	-0.003	
D270075	2 9	dH	965.562	0.006	-0.004	
D270075	2 D270256	R	264.71748	0.00002	-0.00001	
D270075	2 D270256	D	8263.720	0.002	-0.003	
D270075	2 D270256	dH	794.207	0.006	0.001	
D270256	1 1	R	86.51541	0.00003	0.00006	
D270256	1 1	D	7227.075	0.004	-0.005	
D270256	1 1	dH	179.452	0.010	-0.005	
D270256	1 2	R	87.33565	0.00003	0.00009	*
D270256	1 2	D	7127.964	0.004	-0.003	
D270256	1 2	dH	162.590	0.007	-0.011	
D270256	1 3	R	87.67365	0.00004	-0.00003	
D270256	1 3	D	7059.411	0.002	0.002	
D270256	1 3	dH	159.284	0.006	-0.012	
D270256	1 4	R	84.04046	0.00004	0.00001	
D270256	1 4	D	7039.204	0.004	-0.003	
D270256	1 4	dH	181.542	0.010	0.002	
D270256	1 5	R	83.49979	0.00004	-0.00006	
D270256	1 5	D	6996.404	0.003	0.005	
D270256	1 5	dH	182.727	0.008	0.020	
D270256	1 6	R	82.88520	0.00004	-0.00005	
D270256	1 6	D	6932.048	0.003	0.003	
D270256	1 6	dH	174.373	0.010	0.001	
D270256	1 7	R	83.12161	0.00007	-0.00009	
D270256	1 7	D	6905.580	0.005	0.002	
D270256	1 7	dH	173.759	0.018	-0.011	
D270256	1 8	R	83.95983	0.00004	-0.00007	
D270256	1 8	D	6910.001	0.002	0.003	
D270256	1 8	dH	166.997	0.007	0.001	
D270256	1 9	R	83.18634	0.00013	-0.00011	
D270256	1 9	D	6881.393	0.012	0.005	
D270256	1 9	dH	171.361	0.042	-0.011	

D270256	1	D270064	R	85.97811	0.00003	0.00005	
D270256	1	D270064	D	7251.298	0.003	-0.006	
D270256	1	D270064	dH	189.958	0.008	0.002	
D270256	2	1	R	86.51541	0.00003	0.00006	
D270256	2	1	D	7227.075	0.004	-0.005	
D270256	2	1	dH	179.452	0.010	-0.006	
D270256	2	2	R	87.33565	0.00003	0.00010	*
D270256	2	2	D	7127.964	0.004	-0.003	
D270256	2	2	dH	162.591	0.007	-0.012	
D270256	2	3	R	87.67365	0.00004	-0.00003	
D270256	2	3	D	7059.411	0.002	0.002	
D270256	2	3	dH	159.285	0.006	-0.012	
D270256	2	4	R	84.04046	0.00004	0.00002	
D270256	2	4	D	7039.204	0.004	-0.003	
D270256	2	4	dH	181.542	0.010	0.001	
D270256	2	5	R	83.49979	0.00004	-0.00006	
D270256	2	5	D	6996.404	0.003	0.005	
D270256	2	5	dH	182.728	0.008	0.020	
D270256	2	6	R	82.88520	0.00004	-0.00005	
D270256	2	6	D	6932.048	0.003	0.003	
D270256	2	6	dH	174.374	0.010	0.000	
D270256	2	7	R	83.12161	0.00007	-0.00009	
D270256	2	7	D	6905.580	0.005	0.002	
D270256	2	7	dH	173.759	0.018	-0.012	
D270256	2	8	R	83.95983	0.00004	-0.00007	
D270256	2	8	D	6910.001	0.002	0.003	
D270256	2	8	dH	166.998	0.007	0.000	
D270256	2	9	R	83.18634	0.00013	-0.00011	
D270256	2	9	D	6881.393	0.012	0.005	
D270256	2	9	dH	171.361	0.042	-0.012	

STATISTIKK

Antall iterasjoner	:	5
Antall observasjoner retning	:	62
Antall observasjoner avstand	:	62
Antall observasjoner høydeforskjell	:	62
Antall observasjoner	:	186
Antall ukjente grunnrisskoordinater	:	22
Antall ukjente høydekoordinater	:	11
Antall ukjente	:	33
Antall overbestemmelser	:	153
Antall korrelasjoner	:	186
Feilkvadratsum	:	347.30398487
Beregnet std.avvik på vektsevenheten	:	1.5066
Antatt std.avvik på vektsevenheten	:	1.0000

1999 med TP som gittpunkt:

Oppdrag: 99TP

V/G-Land

GITTE KOORDINATER [meter]

PUNKT	N	E	H
D270064	6924552.366	437843.644	1105.382

NYBESTEMTE KOORDINATER MED MIDLERE FEIL [meter]

PUNKT	N	E	H	sN	sE	sH
1	6924487.497	437833.082	1094.834	0.002	0.001	0.004
2	6924376.741	437754.915	1078.015	0.004	0.002	0.008
3	6924326.439	437695.026	1074.671	0.004	0.002	0.008
4	6924714.344	437586.687	1096.976	0.004	0.003	0.008
5	6924761.238	437530.256	1098.140	0.004	0.003	0.009
6	6924809.350	437450.586	1089.780	0.005	0.003	0.009
7	6924777.592	437431.833	1089.171	0.005	0.003	0.009
8	6924690.794	437459.359	1082.438	0.005	0.003	0.009
9	6924764.500	437410.313	1086.761	0.004	0.002	0.008
D270075	6927317.128	437794.279	121.248	0.004	0.003	0.008
D270265	6922968.119	430767.536	915.408	0.004	0.004	0.010

KORRIGERTE OBSERVASJONER, ANTATT MIDLERE FEIL OG RESTFEIL [meter / gon]

Fra	Til	Observasjon	Antatt M	Restfeil	
2	1 1	R	39.12664	0.00056	-0.00122
2	1 1	D	135.560	0.001	0.002
2	1 1	dH	16.827	0.003	-0.008
3	1 2	R	55.52592	0.00032	-0.00031
3	1 2	D	78.211	0.000	0.000
3	1 2	dH	3.346	0.001	-0.002
3	1 4	R	382.66165	0.00007	-0.00007
3	1 4	D	402.750	0.000	-0.000
3	1 4	dH	22.304	0.001	0.002
4	1 5	R	344.13990	0.00049	0.00037
4	1 5	D	73.371	0.001	0.001
4	1 5	dH	1.161	0.002	0.003
6	1 8	R	195.29773	0.00030	-0.00014
6	1 8	D	118.879	0.001	0.001
6	1 8	dH	-7.345	0.001	0.003
7	1 5	R	110.47912	0.00095	0.00328 *
7	1 5	D	99.771	0.001	0.002
7	1 5	dH	8.970	0.003	-0.002
7	1 6	R	33.95789	0.00106	-0.00025
7	1 6	D	36.880	0.001	0.001
7	1 6	dH	0.607	0.002	0.001
8	1 9	R	362.62127	0.00042	-0.00016
8	1 9	D	88.534	0.001	-0.001
8	1 9	dH	4.319	0.002	0.005
D270064	1 1	R	210.27545	0.00046	-0.00059
D270064	1 1	D	65.723	0.001	0.000
D270064	1 1	dH	-10.552	0.001	0.003
D270064	1 9	R	328.98245	0.00026	-0.00058
D270064	1 9	D	482.470	0.001	-0.000
D270064	1 9	dH	-18.605	0.004	-0.016 *
D270075	1 3	R	202.11194	0.00003	0.00006
D270075	1 3	D	2992.339	0.001	-0.003
D270075	1 3	dH	953.434	0.003	-0.012 *
D270075	1 4	R	205.06679	0.00003	-0.00000
D270075	1 4	D	2611.052	0.001	-0.003
D270075	1 4	dH	975.735	0.003	-0.007
D270075	1 5	R	206.55322	0.00005	-0.00020 *
D270075	1 5	D	2569.513	0.004	-0.022 *
D270075	1 5	dH	976.926	0.009	-0.034 *
D270075	1 6	R	208.67086	0.00004	0.00004
D270075	1 6	D	2531.212	0.003	0.009 *
D270075	1 6	dH	968.515	0.004	0.017 *
D270075	1 7	R	209.02505	0.00003	-0.00008 *
D270075	1 7	D	2565.258	0.003	0.012
D270075	1 7	dH	967.913	0.004	0.010
D270075	1 8	R	208.07476	0.00007	0.00006
D270075	1 8	D	2647.603	0.004	0.001
D270075	1 8	dH	961.192	0.008	-0.002
D270075	1 9	R	209.50468	0.00007	0.00009
D270075	1 9	D	2581.335	0.004	0.010
D270075	1 9	dH	965.515	0.007	-0.002
D270075	1 D270064	R	198.86331	0.00006	0.00011
D270075	1 D270064	D	2765.189	0.004	0.015 *
D270075	1 D270064	dH	984.119	0.007	0.015
D270265	1 1	R	86.51542	0.00002	0.00003
D270265	1 1	D	7227.066	0.002	-0.002
D270265	1 1	dH	179.440	0.006	-0.014
D270265	1 2	R	87.33579	0.00002	0.00001
D270265	1 2	D	7127.952	0.002	-0.001
D270265	1 2	dH	162.603	0.005	0.004
D270265	1 3	R	87.67376	0.00002	-0.00002
D270265	1 3	D	7059.400	0.002	0.002
D270265	1 3	dH	159.251	0.006	0.012
D270265	1 D270064	R	85.97817	0.00002	-0.00002
D270265	1 D270064	D	7251.285	0.003	0.001
D270265	1 D270064	dH	189.981	0.007	-0.007

STATISTIKK

Antall iterasjoner	:	4
Antall observasjoner retning	:	22
Antall observasjoner avstand	:	22
Antall observasjoner høydeforskjell	:	22

Antall observasjoner	:	66
Antall ukjente grunnrisskoordinater	:	22
Antall ukjente høydekoordinater	:	11
Antall ukjente	:	33
Antall overbestemmelser	:	33
Antall korrelasjoner	:	66
Feilkvadratsum	:	318.26874085
Beregnet std.avvik på vektsenheten	:	3.1056
Antatt std.avvik på vektsenheten	:	1.0000

F Grunnlagstest-dokfiler

2004-observasjoner testet på 2003-koordinater:

Oppdrag: BNFP04obspåBNFP03koord

V/G-Land

GITTE KOORDINATER [meter]

PUNKT	N	E	H
B1	6924487.497	437833.078	1094.680
B2	6924376.742	437754.909	1078.001
B3	6924326.440	437695.021	1074.693
B4	6924714.365	437586.696	1096.955
B5	6924761.250	437530.253	1098.166
B6	6924809.367	437450.579	1089.786
B7	6924777.595	437431.827	1089.159
B8	6924690.789	437459.355	1082.417
B9	6924764.502	437410.312	1086.778
B10	6924970.038	437199.598	1078.697
B11	6924959.552	437010.569	1069.278
B12	6925039.204	436958.578	1062.641
BNFP	6924735.066	436467.732	1089.842
TP	6924552.365	437843.641	1105.378

TEST AV GRUNNLAG

Tvungen utjevning: f= 90 Spvv= 4985.65203268

Fri utjevning : f= 64 Spvv= 241.26395155

Tabellverdi = 1.67 (Fisher, f1=26, f2=64, alfa=0.0500)

Beregnet verdi = 48.41 ***

Det er tvang i grunnlaget

LOKALISERING AV GRUNNLAGSPUNKT MED GALE KOORDINATER

Fristilt punkt	Red. av feilkvadratsummen
B1	540.059
B2	54.880
B3	35.384
B4	2226.335*
B5	187.231
B6	1261.892
B7	202.281
B8	851.221
B9	160.670
B10	14.225
B11	89.682
B12	25.024
BNFP	91.029
TP	23.472

Galt grunnlagspunkt kan være : B4

GITTE KOORDINATER [meter]

PUNKT	N	E	H
B1	6924487.497	437833.078	1094.680
B2	6924376.742	437754.909	1078.001
B3	6924326.440	437695.021	1074.693
B5	6924761.250	437530.253	1098.166
B6	6924809.367	437450.579	1089.786
B7	6924777.595	437431.827	1089.159
B8	6924690.789	437459.355	1082.417
B9	6924764.502	437410.312	1086.778
B10	6924970.038	437199.598	1078.697
B11	6924959.552	437010.569	1069.278
B12	6925039.204	436958.578	1062.641
BNFP	6924735.066	436467.732	1089.842
TP	6924552.365	437843.641	1105.378

TEST AV GRUNNLAG

Tvungen utjevning: f= 88 Spvv= 2759.33241708

Fri utjevning : f= 64 Spvv= 241.26395151

Tabellverdi = 1.69 (Fisher, $f_1=24$, $f_2=64$, $\alpha=0.0500$)
 Beregnet verdi = 27.83 ***

Det er tvang i grunnlaget

LOKALISERING AV GRUNNLAGSPUNKT MED GALE KOORDINATER

Fristilt punkt	Red. av feilkvadratsummen
B1	172.075
B2	153.377
B3	98.189
B5	157.144
B6	1261.892*
B7	202.281
B8	448.434
B9	160.670
B10	14.225
B11	89.682
B12	25.024
BNFP	91.029
TP	226.367

Galt grunnlagspunkt kan være : B6

GITTE KOORDINATER [meter]

PUNKT	N	E	H
B1	6924487.497	437833.078	1094.680
B2	6924376.742	437754.909	1078.001
B3	6924326.440	437695.021	1074.693
B5	6924761.250	437530.253	1098.166
B7	6924777.595	437431.827	1089.159
B8	6924690.789	437459.355	1082.417
B9	6924764.502	437410.312	1086.778
B10	6924970.038	437199.598	1078.697
B11	6924959.552	437010.569	1069.278
B12	6925039.204	436958.578	1062.641
BNFP	6924735.066	436467.732	1089.842
TP	6924552.365	437843.641	1105.378

TEST AV GRUNNLAG

Tvungen utjevning: $f=$ 86 Spvv= 1497.43505028
 Fri utjevning : $f=$ 64 Spvv= 241.26395149

Tabellverdi = 1.71 (Fisher, $f_1=22$, $f_2=64$, $\alpha=0.0500$)
 Beregnet verdi = 15.15 ***

LOKALISERING AV GRUNNLAGSPUNKT MED GALE KOORDINATER

Fristilt punkt	Red. av feilkvadratsummen
B1	172.075
B2	153.377
B3	98.189
B5	67.722
B7	52.513
B8	444.701*
B9	39.010
B10	9.111
B11	89.682
B12	25.024
BNFP	91.029
TP	226.367

Galt grunnlagspunkt kan være : B8

GITTE KOORDINATER [meter]

PUNKT	N	E	H
B1	6924487.497	437833.078	1094.680
B2	6924376.742	437754.909	1078.001
B3	6924326.440	437695.021	1074.693

B5	6924761.250	437530.253	1098.166
B7	6924777.595	437431.827	1089.159
B9	6924764.502	437410.312	1086.778
B10	6924970.038	437199.598	1078.697
B11	6924959.552	437010.569	1069.278
B12	6925039.204	436958.578	1062.641
BNFP	6924735.066	436467.732	1089.842
TP	6924552.365	437843.641	1105.378

TEST AV GRUNNLAG

Tvungen utjevning: f= 84 Spvv= 1052.72723568

Fri utjevning : f= 64 Spvv= 241.26395155

Tabellverdi = 1.74 (Fisher, f1=20, f2=64, alfa=0.0500)

Beregnet verdi = 10.76 ***

Det er tvang i grunnlaget

LOKALISERING AV GRUNNLAGSPUNKT MED GALE KOORDINATER

Fristilt punkt	Red. av feilkvadratsummen
B1	200.383*
B2	75.820
B3	96.321
B5	9.482
B7	13.333
B9	37.197
B10	10.920
B11	89.682
B12	25.024
BNFP	91.029
TP	175.395

Galt grunnlagspunkt kan være : B1

GITTE KOORDINATER [meter]

PUNKT	N	E	H
B2	6924376.742	437754.909	1078.001
B3	6924326.440	437695.021	1074.693
B5	6924761.250	437530.253	1098.166
B7	6924777.595	437431.827	1089.159
B9	6924764.502	437410.312	1086.778
B10	6924970.038	437199.598	1078.697
B11	6924959.552	437010.569	1069.278
B12	6925039.204	436958.578	1062.641
BNFP	6924735.066	436467.732	1089.842
TP	6924552.365	437843.641	1105.378

TEST AV GRUNNLAG

Tvungen utjevning: f= 82 Spvv= 852.34310509

Fri utjevning : f= 64 Spvv= 241.26395155

Tabellverdi = 1.77 (Fisher, f1=18, f2=64, alfa=0.0500)

Beregnet verdi = 9.01 ***

Det er tvang i grunnlaget

LOKALISERING AV GRUNNLAGSPUNKT MED GALE KOORDINATER

Fristilt punkt	Red. av feilkvadratsummen
B2	75.542
B3	85.158
B5	11.091
B7	11.755
B9	39.031
B10	10.988
B11	89.682
B12	25.024
BNFP	91.029*
TP	62.349

Galt grunnlagspunkt kan være : BNFP

GITTE KOORDINATER [meter]

PUNKT	N	E	H
B2	6924376.742	437754.909	1078.001
B3	6924326.440	437695.021	1074.693
B5	6924761.250	437530.253	1098.166
B7	6924777.595	437431.827	1089.159
B9	6924764.502	437410.312	1086.778
B10	6924970.038	437199.598	1078.697
B12	6925039.204	436958.578	1062.641
BNFP	6924735.066	436467.732	1089.842
TP	6924552.365	437843.641	1105.378

TEST AV GRUNNLAG

Tvungen utjevning: f= 80 Spvv= 762.66073603
 Fri utjevning : f= 64 Spvv= 241.26395155
 Tabellverdi = 1.80 (Fisher, f1=16, f2=64, alfa=0.0500)
 Beregnet verdi = 8.64 ***

Det er tvang i grunnlaget

LOKALISERING AV GRUNNLAGSPUNKT MED GALE KOORDINATER

Fristilt punkt	Red. av feilkvadratsummen
B2	75.542
B3	85.158*
B5	11.091
B7	11.755
B9	65.951
B10	18.076
B12	24.731
BNFP	74.425
TP	62.349

Galt grunnlagspunkt kan være : B3

GITTE KOORDINATER [meter]

PUNKT	N	E	H
B2	6924376.742	437754.909	1078.001
B5	6924761.250	437530.253	1098.166
B7	6924777.595	437431.827	1089.159
B9	6924764.502	437410.312	1086.778
B10	6924970.038	437199.598	1078.697
B12	6925039.204	436958.578	1062.641
BNFP	6924735.066	436467.732	1089.842
TP	6924552.365	437843.641	1105.378

TEST AV GRUNNLAG

Tvungen utjevning: f= 78 Spvv= 677.50158020
 Fri utjevning : f= 64 Spvv= 241.26395157
 Tabellverdi = 1.85 (Fisher, f1=14, f2=64, alfa=0.0500)
 Beregnet verdi = 8.27 ***

Det er tvang i grunnlaget

LOKALISERING AV GRUNNLAGSPUNKT MED GALE KOORDINATER

Fristilt punkt	Red. av feilkvadratsummen
B2	52.877
B5	8.011
B7	12.259
B9	63.602
B10	17.968
B12	24.731
BNFP	74.425
TP	80.889*

Galt grunnlagspunkt kan være : TP

GITTE KOORDINATER [meter]

PUNKT	N	E	H
B2	6924376.742	437754.909	1078.001
B5	6924761.250	437530.253	1098.166
B7	6924777.595	437431.827	1089.159
B9	6924764.502	437410.312	1086.778
B10	6924970.038	437199.598	1078.697
B12	6925039.204	436958.578	1062.641
BNFP	6924735.066	436467.732	1089.842

TEST AV GRUNNLAG

Tvungen utjevning: $f=$ 76 Spvv= 596.61041932

Fri utjevning : $f=$ 64 Spvv= 241.26395154

Tabellverdi = 1.91 (Fisher, $f_1=12$, $f_2=64$, $\alpha=0.0500$)

Beregnet verdi = 7.86 ***

Det er tvang i grunnlaget

LOKALISERING AV GRUNNLAGSPUNKT MED GALE KOORDINATER

Fristilt punkt	Red. av feilkvadratsummen
B2	55.834
B5	9.243
B7	14.215
B9	59.146
B10	17.703
B12	24.731
BNFP	74.425*

Galt grunnlagspunkt kan være : BNFP

GITTE KOORDINATER [meter]

PUNKT	N	E	H
B2	6924376.742	437754.909	1078.001
B5	6924761.250	437530.253	1098.166
B7	6924777.595	437431.827	1089.159
B10	6924970.038	437199.598	1078.697
B12	6925039.204	436958.578	1062.641
BNFP	6924735.066	436467.732	1089.842

TEST AV GRUNNLAG

Tvungen utjevning: $f=$ 74 Spvv= 537.46414636

Fri utjevning : $f=$ 64 Spvv= 241.26395153

Tabellverdi = 1.98 (Fisher, $f_1=10$, $f_2=64$, $\alpha=0.0500$)

Beregnet verdi = 7.86 ***

Det er tvang i grunnlaget

LOKALISERING AV GRUNNLAGSPUNKT MED GALE KOORDINATER

Fristilt punkt	Red. av feilkvadratsummen
B2	53.990
B5	5.442
B7	19.526
B10	27.398
B12	34.496
BNFP	64.318*

Galt grunnlagspunkt kan være : BNFP

GITTE KOORDINATER [meter]

PUNKT	N	E	H
-------	---	---	---

B5	6924761.250	437530.253	1098.166
B7	6924777.595	437431.827	1089.159
B10	6924970.038	437199.598	1078.697
B12	6925039.204	436958.578	1062.641
BNFP	6924735.066	436467.732	1089.842

TEST AV GRUNNLAG

Tvungen utjevning: f= 72 Spvv= 483.47367444
 Fri utjevning : f= 64 Spvv= 241.26395160
 Tabellverdi = 2.09 (Fisher, f1=8, f2=64, alfa=0.0500)
 Beregnet verdi = 8.03 ***

Det er tvang i grunnlaget

LOKALISERING AV GRUNNLAGSPUNKT MED GALE KOORDINATER

Fristilt punkt	Red. av feilkvadratsummen
B5	42.110
B7	26.729
B10	25.907
B12	33.085
BNFP	64.256*

Galt grunnlagspunkt kan være : BNFP

GITTE KOORDINATER [meter]

PUNKT	N	E	H
B7	6924777.595	437431.827	1089.159
B10	6924970.038	437199.598	1078.697
B12	6925039.204	436958.578	1062.641
BNFP	6924735.066	436467.732	1089.842

TEST AV GRUNNLAG

Tvungen utjevning: f= 70 Spvv= 441.36440278
 Fri utjevning : f= 64 Spvv= 241.26395165
 Tabellverdi = 2.24 (Fisher, f1=6, f2=64, alfa=0.0500)
 Beregnet verdi = 8.85 ***

Det er tvang i grunnlaget

LOKALISERING AV GRUNNLAGSPUNKT MED GALE KOORDINATER

Fristilt punkt	Red. av feilkvadratsummen
B7	132.004*
B10	19.967
B12	27.335
BNFP	63.789

Galt grunnlagspunkt kan være : B7

GITTE KOORDINATER [meter]

PUNKT	N	E	H
B10	6924970.038	437199.598	1078.697
B12	6925039.204	436958.578	1062.641
BNFP	6924735.066	436467.732	1089.842

TEST AV GRUNNLAG

Tvungen utjevning: f= 68 Spvv= 309.35950448
 Fri utjevning : f= 64 Spvv= 241.26395172
 Tabellverdi = 2.52 (Fisher, f1=4, f2=64, alfa=0.0500)
 Beregnet verdi = 4.52 *

Det er tvang i grunnlaget

LOKALISERING AV GRUNNLAGSPUNKT MED GALE KOORDINATER

Fristilt punkt	Red. av feilkvadratsummen
B10	26.226
B12	11.294
BNFP	60.669*

Galt grunnlagspunkt kan være : BNFP

GITTE KOORDINATER [meter]

PUNKT	N	E	H
B12	6925039.204	436958.578	1062.641
BNFP	6924735.066	436467.732	1089.842

TEST AV GRUNNLAG

Tvungen utjevning: f= 66 Spvv= 283.13246745
 Fri utjevning : f= 64 Spvv= 241.26395173
 Tabellverdi = 3.14 (Fisher, f1=2, f2=64, alfa=0.0500)
 Beregnet verdi = 5.55 *

Det er tvang i grunnlaget

LOKALISERING AV GRUNNLAGSPUNKT MED GALE KOORDINATER

Fristilt punkt	Red. av feilkvadratsummen
B12	41.868*
BNFP	41.868

Galt grunnlagspunkt kan være : B12

GITTE KOORDINATER [meter]

PUNKT	N	E	H
BNFP	6924735.066	436467.732	1089.842

TEST AV GRUNNLAG

Tvungen utjevning: f= 64 Spvv= 241.26395174
 Fri utjevning : f= 64 Spvv= 241.26395174
 Testen kan ikke beregnes

LOKALISERING AV GRUNNLAGSPUNKT MED GALE KOORDINATER

Fristilt punkt	Red. av feilkvadratsummen
BNFP	Kan ikke fristille punkt

Kan ikke finne galt grunnlagspunkt

2004-observasjoner testet på 2001-koordinater:

Oppdrag: 04obs på 01koord

V/G-Land

GITTE KOORDINATER [meter]

PUNKT	N	E	H
B1	6924487.497	437833.082	1094.868
B2	6924376.748	437754.919	1078.001
B3	6924326.455	437695.029	1074.694
B4	6924714.361	437586.693	1096.965
B5	6924761.253	437530.252	1098.169
B6	6924809.360	437450.581	1089.796

B7	6924777.598	437431.827	1089.169
B8	6924690.797	437459.356	1082.420
B9	6924764.509	437410.317	1086.772
TP	6924552.366	437843.644	1105.382

TEST AV GRUNNLAG

Tvungen utjevning: f= 82 Spvv= 43023.89837064

Fri utjevning : f= 64 Spvv= 7122.66042795

Tabellverdi = 1.77 (Fisher, f1=18, f2=64, alfa=0.0500)

Beregnet verdi = 17.92 ***

Det er tvang i grunnlaget

LOKALISERING AV GRUNNLAGSPUNKT MED GALE KOORDINATER

Fristilt punkt	Red. av feilkvadratsummen
B1	10551.094
B2	1042.953
B3	929.072
B4	13819.112*
B5	913.454
B6	8853.954
B7	1083.149
B8	3636.695
B9	2535.104
TP	3046.200

Galt grunnlagspunkt kan være : B4

GITTE KOORDINATER [meter]

PUNKT	N	E	H
B1	6924487.497	437833.082	1094.868
B2	6924376.748	437754.919	1078.001
B3	6924326.455	437695.029	1074.694
B5	6924761.253	437530.252	1098.169
B6	6924809.360	437450.581	1089.796
B7	6924777.598	437431.827	1089.169
B8	6924690.797	437459.356	1082.420
B9	6924764.509	437410.317	1086.772
TP	6924552.366	437843.644	1105.382

TEST AV GRUNNLAG

Tvungen utjevning: f= 80 Spvv= 29204.95590881

Fri utjevning : f= 64 Spvv= 7122.66040374

Tabellverdi = 1.80 (Fisher, f1=16, f2=64, alfa=0.0500)

Beregnet verdi = 12.40 ***

Det er tvang i grunnlaget

LOKALISERING AV GRUNNLAGSPUNKT MED GALE KOORDINATER

Fristilt punkt	Red. av feilkvadratsummen
B1	6621.452
B2	781.887
B3	259.306
B5	1265.552
B6	8853.954*
B7	1083.149
B8	1827.401
B9	2535.104
TP	6375.346

Galt grunnlagspunkt kan være : B6

GITTE KOORDINATER [meter]

PUNKT	N	E	H
B1	6924487.497	437833.082	1094.868
B2	6924376.748	437754.919	1078.001

B3	6924326.455	437695.029	1074.694
B5	6924761.253	437530.252	1098.169
B7	6924777.598	437431.827	1089.169
B8	6924690.797	437459.356	1082.420
B9	6924764.509	437410.317	1086.772
TP	6924552.366	437843.644	1105.382

TEST AV GRUNNLAG

Tvungen utjevning: f= 78 Spvv= 20350.71521334
 Fri utjevning : f= 64 Spvv= 7122.66037697
 Tabellverdi = 1.85 (Fisher, f1=14, f2=64, alfa=0.0500)
 Beregnet verdi = 8.49 ***

Det er tvang i grunnlaget

Fristilt punkt	Red. av feilkvadratsummen
B1	6621.452*
B2	781.887
B3	259.306
B5	1249.688
B7	707.526
B8	933.323
B9	1551.764
TP	6375.346

Galt grunnlagspunkt kan være : B1

GITTE KOORDINATER [meter]

PUNKT	N	E	H
B2	6924376.748	437754.919	1078.001
B3	6924326.455	437695.029	1074.694
B5	6924761.253	437530.252	1098.169
B7	6924777.598	437431.827	1089.169
B8	6924690.797	437459.356	1082.420
B9	6924764.509	437410.317	1086.772
TP	6924552.366	437843.644	1105.382

TEST AV GRUNNLAG

Tvungen utjevning: f= 76 Spvv= 13729.42546583
 Fri utjevning : f= 64 Spvv= 7122.66038308
 Tabellverdi = 1.91 (Fisher, f1=12, f2=64, alfa=0.0500)
 Beregnet verdi = 4.95 **

Det er tvang i grunnlaget

LOKALISERING AV GRUNNLAGSPUNKT MED GALE KOORDINATER

Fristilt punkt	Red. av feilkvadratsummen
B2	231.766
B3	358.518
B5	1151.265
B7	707.526
B8	1565.543
B9	1551.764
TP	2221.223*

Galt grunnlagspunkt kan være : TP

GITTE KOORDINATER [meter]

PUNKT	N	E	H
B2	6924376.748	437754.919	1078.001
B3	6924326.455	437695.029	1074.694
B5	6924761.253	437530.252	1098.169
B7	6924777.598	437431.827	1089.169
B8	6924690.797	437459.356	1082.420
B9	6924764.509	437410.317	1086.772

TEST AV GRUNNLAG

Tvungen utjevning: $f=74$ Spvv= 11508.24924749
 Fri utjevning : $f=64$ Spvv= 7122.66038710
 Tabellverdi = 1.98 (Fisher, $f_1=10$, $f_2=64$, $\alpha=0.0500$)
 Beregnet verdi = 3.94 *

Det er tvang i grunnlaget

LOKALISERING AV GRUNNLAGSPUNKT MED GALE KOORDINATER

Fristilt punkt	Red. av feilkvadratsummen
B2	635.537
B3	257.288
B5	1918.001*
B7	707.526
B8	815.677
B9	1551.764

Galt grunnlagspunkt kan være : B5

GITTE KOORDINATER [meter]

PUNKT	N	E	H
B2	6924376.748	437754.919	1078.001
B3	6924326.455	437695.029	1074.694
B7	6924777.598	437431.827	1089.169
B8	6924690.797	437459.356	1082.420
B9	6924764.509	437410.317	1086.772

TEST AV GRUNNLAG

Tvungen utjevning: $f=72$ Spvv= 9590.21372280
 Fri utjevning : $f=64$ Spvv= 7122.66037852
 Tabellverdi = 2.09 (Fisher, $f_1=8$, $f_2=64$, $\alpha=0.0500$)
 Beregnet verdi = 2.77 *

Det er tvang i grunnlaget

LOKALISERING AV GRUNNLAGSPUNKT MED GALE KOORDINATER

Fristilt punkt	Red. av feilkvadratsummen
B2	576.495
B3	200.672
B7	1603.764*
B8	447.663
B9	904.738

Galt grunnlagspunkt kan være : B7

GITTE KOORDINATER [meter]

PUNKT	N	E	H
B2	6924376.748	437754.919	1078.001
B3	6924326.455	437695.029	1074.694
B8	6924690.797	437459.356	1082.420
B9	6924764.509	437410.317	1086.772

TEST AV GRUNNLAG

Tvungen utjevning: $f=70$ Spvv= 7986.44008585
 Fri utjevning : $f=64$ Spvv= 7122.66037264
 Tabellverdi = 2.24 (Fisher, $f_1=6$, $f_2=64$, $\alpha=0.0500$)
 Beregnet verdi = 1.29

2004-observasjoner testet på 1999-koordinater:

Oppdrag: 04obs på 99koord

V/G-Land

GITTE KOORDINATER [meter]

PUNKT	N	E	H
B1	6924487.497	437833.082	1094.834
B2	6924376.741	437754.915	1078.015
B3	6924326.439	437695.026	1074.671
B4	6924714.344	437586.687	1096.976
B5	6924761.238	437530.256	1098.140
B6	6924809.350	437450.586	1089.780
B7	6924777.592	437431.833	1089.171
B8	6924690.794	437459.359	1082.438
B9	6924764.500	437410.313	1086.761
TP	6924552.366	437843.644	1105.382

TEST AV GRUNNLAG

Tvungen utjevning: f= 82 Spvv= 83115.53577511

Fri utjevning : f= 64 Spvv= 4943.51712772

Tabellverdi = 1.77 (Fisher, f1=18, f2=64, alfa=0.0500)

Beregnet verdi = 56.22 ***

Det er tvang i grunnlaget

LOKALISERING AV GRUNNLAGSPUNKT MED GALE KOORDINATER

Fristilt punkt	Red. av feilkvadratsummen
B1	15339.690
B2	615.835
B3	248.035
B4	46005.272*
B5	1020.009
B6	12980.905
B7	1624.294
B8	14905.454
B9	3809.424
TP	1282.582

Galt grunnlagspunkt kan være : B4

GITTE KOORDINATER [meter]

PUNKT	N	E	H
B1	6924487.497	437833.082	1094.834
B2	6924376.741	437754.915	1078.015
B3	6924326.439	437695.026	1074.671
B5	6924761.238	437530.256	1098.140
B6	6924809.350	437450.586	1089.780
B7	6924777.592	437431.833	1089.171
B8	6924690.794	437459.359	1082.438
B9	6924764.500	437410.313	1086.761
TP	6924552.366	437843.644	1105.382

TEST AV GRUNNLAG

Tvungen utjevning: f= 80 Spvv= 37110.16336015

Fri utjevning : f= 64 Spvv= 4943.51709968

Tabellverdi = 1.80 (Fisher, f1=16, f2=64, alfa=0.0500)

Beregnet verdi = 26.03 ***

Det er tvang i grunnlaget

LOKALISERING AV GRUNNLAGSPUNKT MED GALE KOORDINATER

Fristilt punkt	Red. av feilkvadratsummen
B1	6439.519
B2	704.326
B3	312.254
B5	5101.133
B6	12980.905*
B7	1624.294

B8 7376.521
 B9 3809.424
 TP 1636.220

Galt grunnlagspunkt kan være : B6

GITTE KOORDINATER [meter]

PUNKT	N	E	H
B1	6924487.497	437833.082	1094.834
B2	6924376.741	437754.915	1078.015
B3	6924326.439	437695.026	1074.671
B5	6924761.238	437530.256	1098.140
B7	6924777.592	437431.833	1089.171
B8	6924690.794	437459.359	1082.438
B9	6924764.500	437410.313	1086.761
TP	6924552.366	437843.644	1105.382

TEST AV GRUNNLAG

Tvungen utjevning: f= 78 Spvv= 24128.20314572
 Fri utjevning : f= 64 Spvv= 4943.51707436

Tabellverdi = 1.85 (Fisher, f1=14, f2=64, alfa=0.0500)
 Beregnet verdi = 17.74 ***

Det er tvang i grunnlaget

LOKALISERING AV GRUNNLAGSPUNKT MED GALE KOORDINATER

Fristilt punkt	Red. av feilkvadratsummen
B1	6439.519
B2	704.326
B3	312.254
B5	7548.672*
B7	1310.909
B8	5611.589
B9	960.633
TP	1636.220

Galt grunnlagspunkt kan være : B5

GITTE KOORDINATER [meter]

PUNKT	N	E	H
B1	6924487.497	437833.082	1094.834
B2	6924376.741	437754.915	1078.015
B3	6924326.439	437695.026	1074.671
B7	6924777.592	437431.833	1089.171
B8	6924690.794	437459.359	1082.438
B9	6924764.500	437410.313	1086.761
TP	6924552.366	437843.644	1105.382

TEST AV GRUNNLAG

Tvungen utjevning: f= 76 Spvv= 16579.38372215
 Fri utjevning : f= 64 Spvv= 4943.51706947

Tabellverdi = 1.91 (Fisher, f1=12, f2=64, alfa=0.0500)
 Beregnet verdi = 12.55 ***

Det er tvang i grunnlaget

LOKALISERING AV GRUNNLAGSPUNKT MED GALE KOORDINATER

Fristilt punkt	Red. av feilkvadratsummen
B1	5859.578*
B2	886.284
B3	388.019
B7	1216.693
B8	3135.532
B9	1519.935

TP 4589.172

Galt grunnlagspunkt kan være : B1

GITTE KOORDINATER [meter]

PUNKT	N	E	H
B2	6924376.741	437754.915	1078.015
B3	6924326.439	437695.026	1074.671
B7	6924777.592	437431.833	1089.171
B8	6924690.794	437459.359	1082.438
B9	6924764.500	437410.313	1086.761
TP	6924552.366	437843.644	1105.382

TEST AV GRUNNLAG

Tvungen utjevning: f= 74 Spvv= 10719.91466347

Fri utjevning : f= 64 Spvv= 4943.51707402

Tabellverdi = 1.98 (Fisher, f1=10, f2=64, alfa=0.0500)

Beregnet verdi = 7.48 ***

Det er tvang i grunnlaget

LOKALISERING AV GRUNNLAGSPUNKT MED GALE KOORDINATER

Fristilt punkt	Red. av feilkvadratsummen
B2	117.466
B3	278.922
B7	1183.135
B8	4208.780*
B9	1496.533
TP	1237.113

Galt grunnlagspunkt kan være : B8

GITTE KOORDINATER [meter]

PUNKT	N	E	H
B2	6924376.741	437754.915	1078.015
B3	6924326.439	437695.026	1074.671
B7	6924777.592	437431.833	1089.171
B9	6924764.500	437410.313	1086.761
TP	6924552.366	437843.644	1105.382

TEST AV GRUNNLAG

Tvungen utjevning: f= 72 Spvv= 6511.07866770

Fri utjevning : f= 64 Spvv= 4943.51707802

Tabellverdi = 2.09 (Fisher, f1=8, f2=64, alfa=0.0500)

Beregnet verdi = 2.54 *

Det er tvang i grunnlaget

LOKALISERING AV GRUNNLAGSPUNKT MED GALE KOORDINATER

Fristilt punkt	Red. av feilkvadratsummen
B2	103.785
B3	70.939
B7	1370.960*
B9	1035.676
TP	98.016

Galt grunnlagspunkt kan være : B7

GITTE KOORDINATER [meter]

PUNKT	N	E	H
B2	6924376.741	437754.915	1078.015

B3	6924326.439	437695.026	1074.671
B9	6924764.500	437410.313	1086.761
TP	6924552.366	437843.644	1105.382

TEST AV GRUNNLAG

Tvungen utjevning: f=	70	Spvv=	5140.11284611
Fri utjevning : f=	64	Spvv=	4943.51707245
Tabellverdi =	2.24	(Fisher, f1=6, f2=64, alfa=0.0500)	
Beregnet verdi =	0.42		

G Nivellementsdataene

2003	
Juni	
N1-N2:	
1	1,8622
3	2,0610
3	2,0614
B6-B7:	
1	1,2414
1	1,2414
2	0,6112
2	0,6110
august	
N1-N2:	
1	1,6736
1	1,6737
2	1,8731
2	1,8731
B7-B6:	
1	2,1395
1	2,1397
2	2,7695
2	2,7696
2004	
N2-N1:	Måling uten bolt
1	0,9030
1	0,9030
2	0,7039
2	0,7039
N1-N2:	Måling med bolt
1	0,9510
1	0,9510
2	0,6952
2	0,6953
B6-B6:	
1	1,4263
1	1,4263
2	0,8015
2	0,8015